

تابع قائمة المحتويات — صفحة

تابع قائمة المحتويات صفحة

الفصل الأول

مقدمة عن علم المساحة

الأهداف التعليمية:

بنهاية هذا الفصل يكون الطلاب قادرين علي فهم:

تعريف علم المساحة ٢. تطبيقات علم المساحة ٣. أقسام علم المساحة

١-١ تعريف علم المساحة

يمكن تعريف علم المساحة بأنه علم تحديد المواقع للمظاهر الطبيعية و البشرية

الموجودة علي أو تحت سطح الأرض وتمثيل هذه المظاهر علي خرائط تقليدية (مطبوعة) أو رقمية (باستخدام الحاسب الآلي).

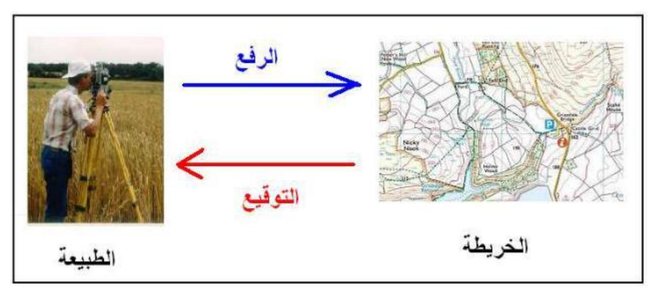
أيضا يمكن تعريف علم المساحة بأنه العلم الذي يبحث في الطرق المناسبة لتمثيل سطح الأرض على خرائط. هذا التمثيل يشمل بيان جميع المحتويات القائمة والموجودة على سطح الأرض، سواء أكانت طبيعية (مثل الهضاب والجبال والصحاري والأنهار والبحار والمحيطات) أو كانت صناعية (مثل الترع والمصارف والقناطر والسدود والطرق وخطوط السكك الحديدية والمنشآت والمباني والمدن وحدود الدول السياسية) ، وكذلك حدود الملكيات الخاصة والعامة. ومن الواجب أن تكون الخريطة صورة صادقة مصغرّة للطبيعة التي تمثلها، وأن تؤدي الغرض الذي عملت من أجله تاما كاملا.

١-٢ تطبيقات علم المساحة

تلعب المساحة دورا أساسيا في كافة المشروعات الهندسية التي تتم علي سطح أو تحت

الأرض. فكل عمل هندسي يبدأ - قبل التصميم - بإنشاء خريطة مساحية للموقع تحدد أبعاده و شكله الهندسي و ما يتواجد بداخله من ظاهرات و أيضا التغيرات في ارتفاعات و انخفاضات سطح الأرض (وهو ما يسمي بعملية الرفع المساحي). و بعد تصميم المنشأ الهندسي المطلوب تبدأ تطبيقات علم المساحة في تحديد مواقع كل ركن في هذا التصميم علي الأرض و انشاء

العلامات المساحية التي تعتمد عليها أعمال الانشاءات المطلوب تنفيذها (وهو ما يسمي بعملية التوقيع). فأعمال المساحة تنقسم الي هذين القسمين: الرفع **Layout** و هو تجميع المعلومات من الأرض و توقيعها علي خريطة، و التوقيع **Setting out** و هو نقل المعلومات من الخريطة (أو التصميم الهندسي) الي الأرض بكل دقة.



أقسام العمل المساحي

تشمل تطبيقات علم المساحة العديد من التطبيقات و منها علي سبيل المثال:

- انشاء الطرق و الجسور (الكباري)
- انشاء خطوط السكك الحديدية
- انشاء الخزانات، والسدود
- انشاء خطوط الأنابيب من مياه و صرف صحي و بترول و غاز طبيعي
- تنفيذ المنشآت الهندسية
- انشاء الخرائط التفصيلية و تحديد الملكيات
- انشاء الخرائط الطبوغرافية
- انشاء الخرائط السياسية و الادارية
- ادارة الموارد الطبيعية
- انشاء خرائط الأعماق للمسطحات المائية
- انشاء الأنفاق و شبكات المواصلات تحت الأرض
- انشاء الترع و المصارف و شبكات الري
- انشاء الخرائط الجيولوجية لأعمال التنقيب عن المعادن
- انشاء الخرائط الملاحية
- أعمال المساحة العسكرية

١-٣ تاريخ علم المساحة

ترجع بدايات علم المساحة إلي آلاف السنين حيث وجدت آثار تدل علي أن قدماء

المصريين (ألف و خمسمائة عام قبل الميلاد) قد استخدموا المساحة في قياس و تحديد الملكيات الزراعية وذلك بهدف حساب مساحات الأراضي الزراعية لتقدير الضرائب لها ، وأيضا في إعادة تثبيت علامات حدود الملكيات بعد حدوث فيضان عالي لنهر النيل. وأستخدم المصريون القدماء أدوات بسيطة لقياس المسافات و اخترعوا وحدات لها. وكان يطلق علي العاملين بالمساحة أسم "شادي الحبل" **Rope Stretchers** حيث كانوا يستخدمون الحبال في قياس المسافات. كما تثبت الخصائص الهندسية لأهرامات الجيزة في مصر (وخاصة تساوي أضلاع الأضلاع بدقة و التوجه الدقيق لجهة الشمال) وكذلك اختيار موقع معبد أبو سمبل في (بحيث تتعامد أشعة الشمس علي وجه تمثال الملك تحديدا في يوم عيد ميلاده) أن المصريين القدماء كانت لديهم خبرة جيدة بأعمال المساحة.



قياسات المساحة في عهد قدماء المصريين

ومن أشهر التجارب المساحية في ذلك العصر ما قام به العالم الإغريقي أرسطوسثنيس **Eratosthenes -** في عام ٢٠٠ قبل الميلاد تقريبا في مدينة الإسكندرية - بمحاولة حساب محيط الأرض والتي كانت بداية علم المساحة الجيوديسية. تلا ذلك ابتكار اليونانيون والرومان لعدد من أجهزة المساحة لعمل التوجيه والتسوية ويعتبر العالم اليوناني هيرون**Heron -** في

ـد ام ١٢٠ قبل الميلاد - الرائد الأول في المساحة والذي حولها إلي علم متخصص يحتاج للدراسة و التدريب.

أضاف علماء المسلمين إضافات علمية قوية لعلم المساحة فقد ابتكروا أجهزة قياس الزوايا والتوجيه مثل جهاز الاسطرلاب والأجهزة الدقيقة للتسوية ، كما برعوا في الرياضيات

التي يقوم عليها علم المساحة مثل العالم الكبير الخوارزمي الذي أنشأ أول خريطة دقيقة للعالم عرفت باسم خريطة المأمون.



جهاز الاسطرلاب لقياس الزوايا

مع بداية القرن الثامن عشر الميلادي بدأ إنشاء شبكات الثوابت الأرضية في أوروبا بهدف إقامة العلامات المساحية التي تسمح بالتحديد الدقيق للمواقع لكل دولة.





نماذج لأجهزة ثيودوليت قديمة لقياس الزوايا

تطور علم المساحة بدرجة هائلة في القرن العشرين الميلادي مع ابتكار أجهزة قياس المسافات بالليزر وإطلاق الأقمار الصناعية واختراع الحاسبات الآلية. ومع تعدد تطبيقات علم المساحة في المجالات المدنية و العسكرية علي كافة تخصصاتها بدأ البعض يطلق أسماء جديدة علي هذا العلم مثل علم الجيوماتكس**Geomatics** ليكون تعبيرا شاملا عن التكامل بين المساحة الأرضية و المساحة الفضائية و الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. ومن التعريفات الحديثة لعلم الجيوماتكس أنه العلم و الفن و التقنيات الخاصة بالطرق والوسائل

المختلفة لقياس و تجميع المعلومات الخاصة بالسطح الفيزيائي و البيئي للأرض والتعامل مع هذه المعلومات لإنتاج خرائط متعددة الأغراض مع رفع كفاءة تجميع و تدقيق و تحديث البيانات المكانية ذات البعد الجغرافي وإدارة هذه البيانات داخل قاعدة بيانات نظم المعلومات الجغرافية مع ضمان تطورها و استدامتها.



جهاز المحطة الشاملة



جهاز تسوية الأرض بالليزر



جهاز جي بي أس

أجهزة مساحية حديثة

١-٤ أقسام علم المساحة

توجد عدة تقسيمات لأنواع تطبيقات المساحة سواء من حيث مجال الاستخدام أو من

حيث الهدف من العمل المساحي أو من حيث الجهاز المساحي المستخدم ... الخ. إلا أن أقسام المساحة هي:

(أ) المساحة الأرضية **Terrestrial Survey**

تشمل المساحة الأرضية تطبيقات و قياسات علم المساحة علي سطح الأرض من خلال أجهزة موضوعة علي سطح الأرض ، وتنقسم طبقا لطبيعة هذه القياسات إلي نوعين أساسيين:

أ-١ المساحة الجيوديسية **Geodetic Survey:**

في هذا النوع من علوم المساحة يتم الاعتماد علي الشكل الحقيقي شبه الكروي للأرض

ذ والذي هو شكل غير مستوي - ومن ثم تعتمد الأجهزة و طرق الحسابات المستخدمة في المساحة الجيوديسية علي هذا المبدأ الهام.

غالبا يتم استخدام المساحة الجيوديسية في تمثيل مساحات كبيرة من سطح الأرض.

أ-٢ المساحة المستوية **Plane Survey**

عند إجراء القياسات المساحية في منطقة صغيرة من سطح الأرض (عدة كيلومترات مربعة) يمكن إهمال الشكل الحقيقي للأرض والاكتفاء بافتراض أن هذا الجزء الصغير يمكن تمثيله كمستوي ، ومن هنا جاء أسم المساحة المستوية.

تنقسم المساحة المستوية إلي فرعين: (١) المساحة التفصيلية **Cadastral Survey** والتي تهتم بتوضيح حدود الملكيات العامة و الخاصة ويكون هذا التمثيل باستخدام بعدين فقط (الطول و العرض) لكل هدف ولذلك يسمي هذا النوع من أقسام المساحة بالمساحة ثنائية الأبعاد، (٢) المساحة الطبوغرافية **Topographic Survey** والتي تهتم بقياس البعد الثالث (الارتفاع أو الانخفاض) لكل هدف بحيث يتم تمثيله من خلال ثلاثة أبعاد: الطول و العرض و الارتفاع. ولذلك تسمي المساحة الطبوغرافية باسم المساحة ثلاثية الأبعاد.

كما توجد بعض التقسيمات الأخرى للمساحة المستوية حيث يقسمها البعض إلي عدة أنواع طبقا للهدف من المشروع المساحي ذاته مثل:

- المساحة الأرضية أو التفصيلية**Land or Cadastral Survey:** تهتم بالتحديد الدقيق للمواقع و الحدود لقطع الأراضي في منطقة صغيرة.
- المساحة الطبوغرافية**Topographic Survey:** تهتم بجمع الأرصاد و القياسات الأفقية وكذلك الارتفاعات للمظاهر الطبيعية و البشرية لتطوير الخرائط ثلاثية الأبعاد.

و المساحة الهندسية أو الإنشائية**Engineering or Construction Survey:** تهتم بجمع القياسات لكل مراحل تنفيذ المشروعات الهندسية.

- مساحة الطرق**Route Survey:** تهتم لتنفيذ العمل المساحي المطلوب لإنشاء مشروعات النقل مثل الطرق و السكك الحديدية ومد الأنابيب وخطوط الكهرباء.

(ب) المساحة التصويرية أو الجوية**Photogrammetry**

تتكون المساحة الجوية من عمل قياسات من الصور الملتقطة بكاميرات موضوعة في طائرات ثم استخدام هذه القياسات في إنتاج الخرائط المساحية. ويرجع تاريخ هذا النوع من المساحة إلي منتصف القرن العشرين الميلادي. ومع إطلاق الأقمار الصناعية ظهر علم الاستشعار عن بعد والذي يعتمد علي التصوير الفضائي من خلال كاميرات و أجهزة موضوعة داخل الأقمار الصناعية ، ومن هنا فيمكن إضافة علم الاستشعار عن بعد إلي قسم المساحة التصويرية. يمكن تقسيم المساحة التصويرية إلي ثلاثة أفرع: (١) المساحة الجوية **Aerial Photogrammetry** وهي حالة التصوير من الطائرات ، (٢) المساحة التصويرية الأرضية **Close-Range Photogrammetry** وهي حالة التصوير من علي سطح الأرض ، (٣) المساحة التصويرية الفضائية أو الاستشعار عن بعد **Satellite Photogrammetry** وهي حالة التصوير من الأقمار الصناعية.

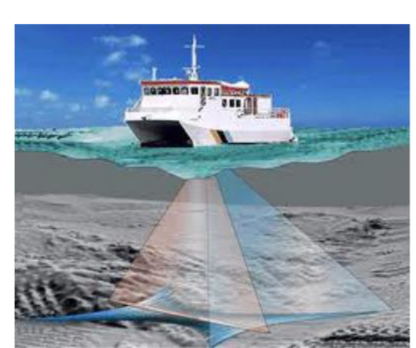




المساحة الجوية

(ج) المساحة البحرية أو الهيدروجرافية **Hydrographic Survey**

تهتم المساحة البحرية أو المساحة الهيدروجرافية— كما هو واضح من أسمها— بتحديد مواقع الظاهرات الموجودة علي أو تحت سطح المياه في البحار والأنهار و المحيطات. ومن أمثلة منتجات المساحة البحرية الخرائط الهيدروجرافية التي تمثل تضاريس قاع البحر.





المساحة الهيدروجرافية

(د) المساحة الفلكية **Astronomical Survey:**

يعتمد هذا الفرع من أفرع المساحة علي رصد الأجرام السماوية واستخدام هذه القياسات في تحديد مواقع الظاهرات الجغرافية الموجودة علي سطح الأرض. وكانت المساحة الفلكية أحد أهم تطبيقات علم المساحة في إنشاء شبكات الثوابت الأرضية (نقاط معلومة الإحداثيات) قديما، إلا أن هذا التطبيق أصبح الآن يعتمد علي استخدام الأقمار الصناعية بدلا من النجوم الطبيعية. مازال الاعتماد علي المساحة الفلكية قسما هاما من أقسام علم المساحة وخاصة في التطبيقات المساحية التي تتطلب دقة عالية جدا - مثل دراسة تحركات القشرة الأرضية - إلا أن تقنياته وأجهزته قد تغيرت و تطورت كثيرا في الفترة الماضية، مثل تقنية **VLBI** (تقنية قياس خطوط القواعد الطويلة جدا باستقبال أشعة الأجرام السماوية).





هوائيات تحديد المواقع بتقنية **VLBI**

الفصل الثاني

القياسات المساحية

الأهداف التعليمية:

بنهاية هذا الفصل يكون الطلاب قادرين علي فهم:

وحدات القياس في المساحة ٢. أنواع اتجاه الشمال ٣. أنواع الانحراف ٤. أنواع المسافات ٥. أجهزة قياس المسافات
٦. أجهزة قياس الانحرافات و الزوايا

٢-١ وحدات و نظم القياس المساحي

ينصب العمل المساحي علي إجراء قياسات طولية (مسافات) و زاوية في الطبيعة، لذلك
فمن المهم لدارس علم المساحة أن يلم بالنظم و الوحدات المختلفة و الأجهزة المستخدمة في تنفيذ هذه القياسات أو الأرصاد وطرق التحويل بينها.

٢-١-١ وحدات القياسات

وحدات القياس الطولية:

يوجد نظامين مستخدمين في قياس المسافات و الأطوال وهما النظام الدولي والنظام الانجليزي. في النظام الدولي (يسمي أيضا النظام الفرنسي) ويرمز له بالرمز **SI** يتم استخدام وحدات المتر و مشتقاته كالآتي:

متر (م)	-	١٠ ديسيمتر (دسم)
ديسيمتر (دسم)	-	١٠ سنتيمتر (سم)
سنتيمتر (سم)	-	١٠ ملليمتر (مم)
و كيلومتر (كم)	-	١٠٠٠ متر (م)

أي أن:

١ متر (م)	= ١٠٠ سنتيمتر (سم)
١ متر (م)	= ١٠٠٠ ملليمتر (مم)
ا كيلومتر (كم)	= ١٠،٠٠٠ ديسيمتر (دسم)
ا كيلومتر (كم)	= ١٠٠،٠٠٠ سنتيمتر (سم)
ا كيلومتر (كم)	= ١،٠٠٠،٠٠٠ ملليمتر (مم)

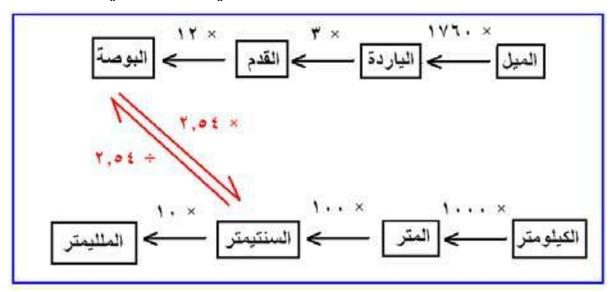
أما في النظام الانجليزي فيتم استخدام وحدات القدم و مشتقاته كالآتي:

١ ميل	= ١٧٦٠ ياردة
١ ياردة	=٣قدم
١ قدم	= ١٢ بوصة

للتحويل بين كلا نظامي القياسات الطولية فتوجد عدة علاقات رياضية تشمل:

١ متر	= ٢٨٠٨.٣	قدم
١ متر	= ٣٧.٣٩	بوصة
١ متر	= ٣	ياردة
١ كيلومتر	= ٦٢١٢٧.٠	ميل
١ بوصة	= ٥٤.٢	سنتيمتر
١ قدم	= ٤٨.٣٠	سنتيمتر
١ ياردة	= ٩١٤٤.٠	متر
١ ميل	= ٣٥.١٦٠٩	متر
١ ميل	= ٦٠٩٣٤.١	كيلومتر

للسهولة يمكن الاكتفاء بمعرفة علاقة رياضية واحدة فقط للتحويل بين كلا النظامين كما في المثال التالي:



التحويل بين نظم الوحدات الطولية

وحدات قياس المساحات:

١ متر مربع	= ١٠٠ × ١٠٠	= ١٠٠٠٠	سنتيمتر مربع
١ كيلومتر مربع	= ١٠٠٠ × ١٠٠٠	= ١٠٠٠٠٠٠	متر مربع

نظام وحدات قياس المساحات (وخاصة الزراعية) في المملكة العربية السعودية:

١ دونم	=	١٠٠٠	متر مربع
١ هكتار	=	١٠	دونم
١ هكتار	=	١٠٠٠٠	متر مربع
١ كيلومتر مربع	=	١٠٠	هكتار

نظام وحدات قياس المساحات (وخاصة الزراعية) في جمهورية مصر العربية:

١ فدان	= ٢٤	قيراط
١ قيراط	= ٢٤	سهم
١ فدان	= ٨٣.٤٢٠٠	متر مربع
١ قيراط	= ٠٩.١٧٥	متر مربع
١ سهم	= ٢٩.٧	متر مربع

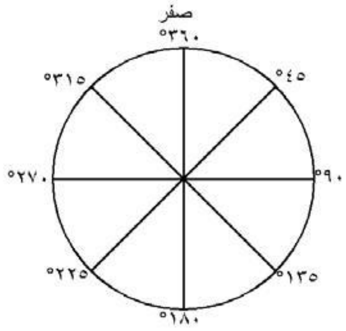
٢-١-٢ نظم قياس الزوايا

توجد ثلاثة أنظمة لقياس الزوايا (والاتجاهات) وهي النظام الستيني و النظام المئوي و

النظام الدائري:

النظام الستيني لقياس الزوايا:

فى النظام الستيني تقسم الدائرة إلي ٣٦٠ قسما يسمي الجزء الواحد منها الدرجة الستينية ويرمز له بالرمز (°) ، ثم تقسم الدرجة الستينية الواحدة إلي ٦٠ جزءا يسمي الواحد منهم الدقيقة الستينية ويرمز له بالرمز (') ، ثم تقسم الدقيقة الستينية الواحدة إلي ٦٠ جزءا يسمي الواحد منهم الثانية الستينية ويرمز له بالرمز (").



النظام الستيني لقياس الزوايا

أي أن:

١ درجة ستينية° = ٦٠ دقيقة ستينية '

١ دقيقة ستينية ' = ٦٠ ثانية ستينية "

١ درجة ستينية° = ٦٠ × ٦٠ = ٣٦٠٠ ثانية ستينية "

وتكتب الزاوية الستينية بالشكل التالي: ٤٥" ٥٢' ١٢٧° أي: ١٢٧ درجة و ٥٢ دقيقة و ٤٥ ثانية.

مثال:

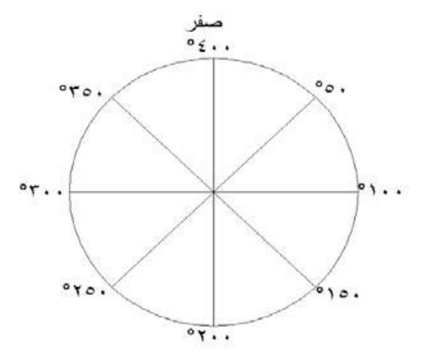
الزاوية ٤٥" ٥٢' ١٢٧° = (٤٥" ÷ ٦٠) + ٥٢' ١٢٧° = ٧٥.٥٢' ١٢٧°

= (٧٥.٥٢' ÷ ٦٠)' + ١٢٧° = ١٢٧.٨٧٩١٦٧°

= (٤٥" ÷ ٦٠) + (٥٢' ÷ ٦٠) + ١٢٧° = ١٢٧.٨٧٩١٦٧°

النظام المئوي لقياس الزوايا:

في النظام المئوي (يسمي أيضا جراد) تقسم الدائرة إلي ٤٠٠ قسما يسمي الجزء الواحد منها الدرجة المئوية أو الجراد ويرمز له بالرمز (^{g}) ، ثم تقسم الدرجة المئوية الواحدة إلي ١٠٠ جزءا يسمي الواحد منهم الدقيقة المئوية ويرمز له بالرمز (^{c}) ، ثم تقسم الدقيقة المئوية الواحدة إلي ١٠٠ جزءا يسمي الواحد منهم الثانية المئوية ويرمز له بالرمز (^{cc}).



النظام المئوي لقياس الزوايا

أي أن:

1. درجة مئوية^{g} = ١٠٠ دقيقة مئوية^{C}
2. دقيقة مئوية^{C} = ١٠٠ ثانية مئوية^{CC}
3. درجة مئوية^{g} = ١٠٠ × ١٠٠ = ١٠٠٠٠ ثانية مئوية^{CC}

وتكتب الزاوية الستينية بالشكل التالي: $^{g}_{٣٧٢}\ ^{C}_{٦٢}\ ^{CC}_{٨٥}$ أي: ٣٧٢ درجة و ٦٢ دقيقة و ٨٥ ثانية.

مثال:

الزاوية $^{g}_{٣٧٢}\ ^{C}_{٦٢}\ ^{CC}_{٨٥}$

$$= (^{CC}_{٨٥} \div ١٠٠) + \ ^{C}_{٦٢}\ ^{g}_{٣٧٢} = \ ^{g}_{٣٧٢}\ ^{C}_{٨٥.٦٢}$$

$$= (^{C}_{٨٥.٦٢} \div ١٠٠) + \ ^{g}_{٣٧٢} = \ ^{g}_{٦٢٨٥.٣٧٢}$$

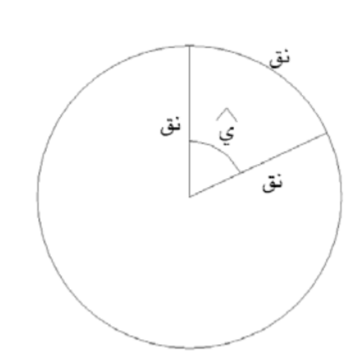
$$= (^{CC}_{٨٥} \div ١٠٠) + (^{C}_{٦٢} \div ١٠٠) + \ ^{g}_{٣٧٢} = \ ^{g}_{٦٢٨٥.٣٧٢}$$

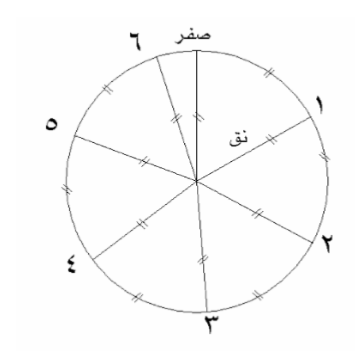
النظام الدائري لقياس الزوايا:

يعادل التقدير الدائري لأي زاوية النسبة بين طول القوس الذي يقابل هذه الزاوية (المقطوع من دائرة مركزها رأس هذه الزاوية) ونصف قطر هذه الدائرة.

تقاس الزاوية الدائرية بوحدات تسمي "الراديان" - ويرمز له بالرمز r - حيث يكون محيط الدائرة الكاملة= ٢ ط= ٢ × ٢٢ ÷ ٧ = ٢٨٣١٨٥٣٠٧.٦ راديان. أي أن:

1. راديان= ٢٩٥٧٧٩٥.٥٧ o
    1. ٥٧ '١٧ "٨.٤٤ o
    2. "٢٠٦٢٦٥
2. ٦٦١٩٩٧٢.٦٣ g





النظام الدائري لقياس الزوايا

التحويل بين نظم قياس الزوايا:

(أ) للتحويل بين النظام الستيني و النظام المئوي:

بما أن الدائرة تعادل ٣٦٠ درجة ستينية وفي نفس الوقت تعادل ٤٠٠ درجة مئوية ، أي أن:

٣٦٠ درجة ستينية= ٤٠٠ درجة مئوية

إذن:

١ درجة ستينية = ١١١١١١.١ درجة مئوية

١ درجة مئوية = ٩.٠ درجة ستينية

(ب) للتحويل بين النظام الستيني و النظام الدائري:

بما أن الدائرة تعادل ٣٦٠ درجة ستينية وفي نفس الوقت تعادل ٢ ط راديان ، أي أن:

٣٦٠ درجة ستينية= ٢ ط راديان

إذن:

١ درجة ستينية	=ط÷١٨٠	راديان
١ درجة دائرية	=١٨٠÷ط	درجة ستينية

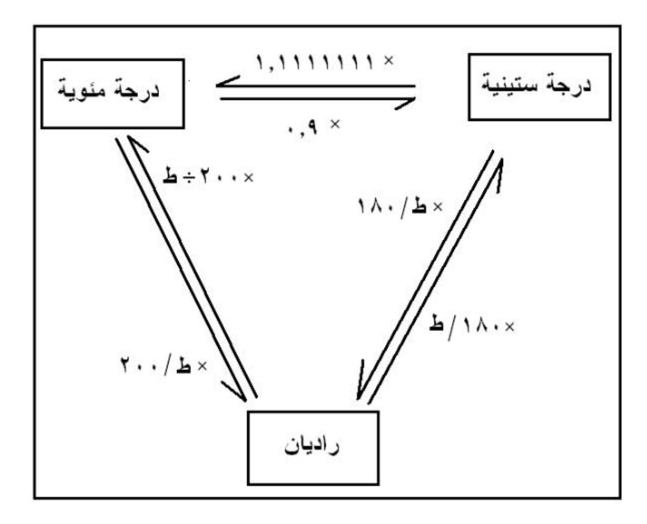
(ج) للتحويل بين النظام المئوي و النظام الدائري:

بما أن الدائرة تعادل ٤٠٠ درجة مئوية وفي نفس الوقت تعادل ٢ ط راديان ، أي أن:

٤٠٠ درجة مئوية= ٢ ط راديان

إذن:

١ درجة مئوية	= ط÷ ٢٠٠	راديان
١ درجة دائرية	= ٢٠٠÷ ط	درجة مئوية



التحويل بين نظم قياس الزوايا

أمثلة:

١- حول الزاوية المئوية ٤٥ CC ٨٠ C ١٧١ g إلي التقدير الستيني:

الزاوية= (٤٥÷١٠٠٠٠) + (٨٠÷١٠٠) + ١٧١ =١٧١.٨٠٤٥ g

1. ١٧١.٨٠٤٥× ٠.٩= ١٥٤.٦٢٤٠٥ o
2. ٢٧" ٣٧" ١٥٤ o

٢- حول الزاوية ٢٧" ٣٧" ١٥٤ o إلي التقدير الدائري:

الزاوية= (٢٧÷٣٦٠٠) + (٣٧÷٦٠) + ١٥٤ =١٥٤.٦٢٤٠٥ o

1. ١٥٤.٦٢٤٠٥× ط/ ١٨٠
2. ٢.٦٩٩٧٨٥ راديان

٢-٢ معادلات الأشكال الهندسية البسيطة

مساحة المربع= مربع طول الضلع= طول الضلع× نفسه

مساحة المستطيل= الطول× العرض

مساحة متوازي الأضلاع= القاعدة× الارتفاع

مساحة المعين= القاعدة× الارتفاع أو= نصف حاصل ضرب القطرين

مساحة شبه المنحرف= نصف مجموع القاعدتين× الارتفاع

مساحة الشكل الرباعي= نصف حاصل ضرب القطرين× جيب الزاوية

المحصورة بينهما

مساحة الدائرة= مربع نصف قطر الدائرة× ط= ط (نق)٢ حيث:

1. = ٢٢/٧ ، نق= نصف قطر الدائرة مساحة سطح الكرة= ٤ ط (نق)٢ (٢-١)

مساحة الشكل البيضاوي= ط× نصف المحور الأكبر× نصف المحور الأصغر مساحة المثلث القائم الزاوية= ٠.٥× القاعدة×

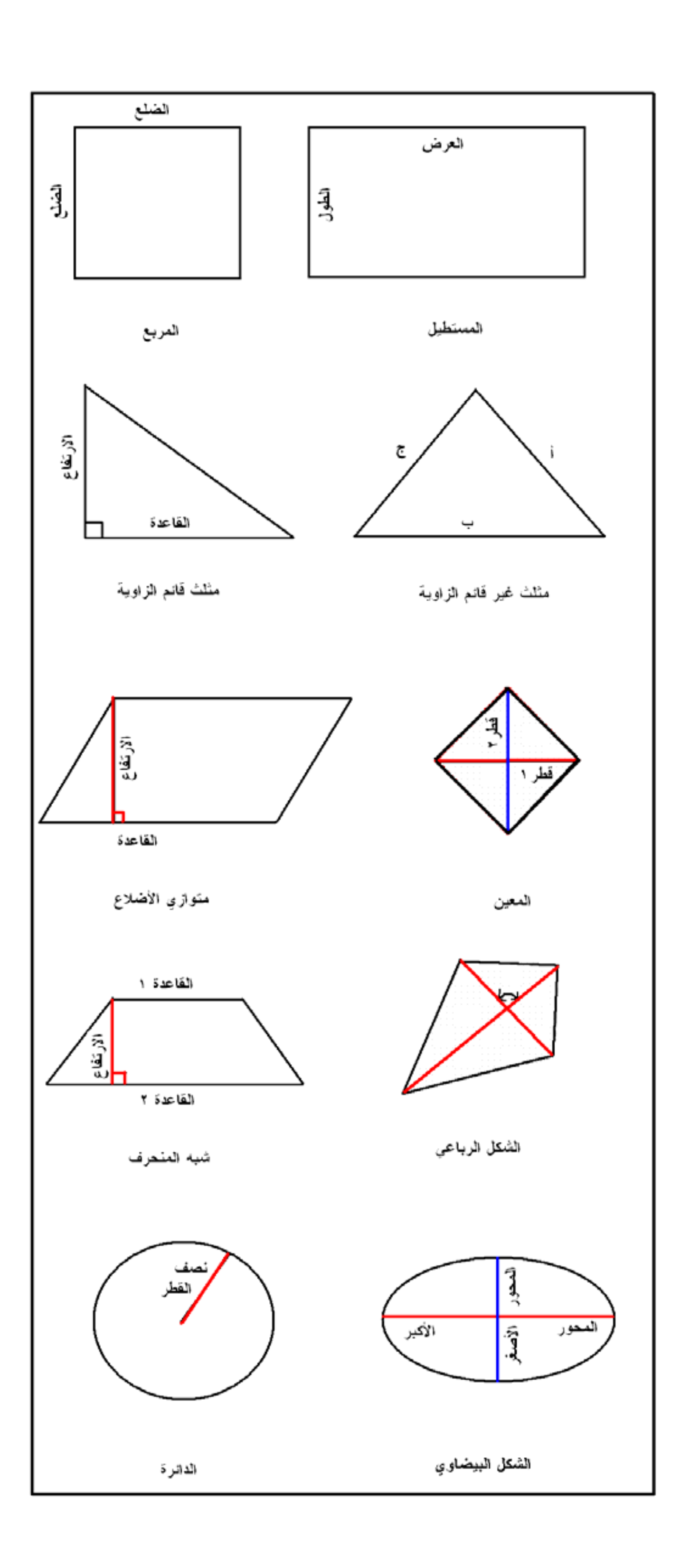
الارتفاع مساحة المثلث غير قائم الزاوية= الجذر التربيعي[س× (س-أ)×

(س-ب)× (س-ج)]

حيث:

1. ، ب ، ج قيم أطوال الأضلاع الثلاثي للمثلث

1. =نصف مجموع أضلاع المثلث=(أ+ب+ج)÷٢



الأشكال الهندسية البسيطة

٢-٣ اتجاه الشمال و أنواعه

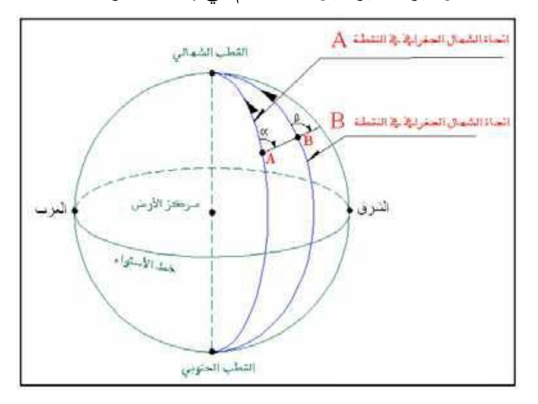
أتفق العاملون بالمساحة منذ مئات السنين علي اعتبار اتجاه الشمال هو الاتجاه المرجعي **Reference Direction** عند قياس الاتجاهات في الطبيعة وأيضا في الخريطة. لكن يوجد نوعين من أنواع اتجاه الشمال:

الشمال المغناطيسي **Magnetic Meridian :**

هو الاتجاه الذي تحدده أبره مغناطيسية حركة الحركة كاملة الاتزان وليست تحت أي تأثير مغناطيسي محلي. فإذا تركت هذه الإبرة حركة الحركة فأنها ستتجه ناحية اتجاه الشمال الذي يطلق عليه أسم الشمال المغناطيسي. وهذه هي الفكرة التي بنيت عليها أجهزة البوصلة المغناطيسية التي يمكن استخدامها في الطبيعة لتحديد اتجاه الشمال. لكن أهم مشاكل الشمال المغناطيسي أنه غير ثابت (غير متوازي عند مجموعة من النقاط) بل أنه يتغير عند نفس النقطة من عام لآخر.

الشمال الجغرافي **Geographic or True Meridian:**

هو الاتجاه أو الخط الواصل بين أي نقطة وكلا القطبين الشمالي و الجنوبي للأرض. الشمال الحقيقي هو اتجاه ثابت غير متغير ويتم تحديده من خلال الأرصاد و القياسات الفلكية ، وحيث أنه ثابت وغير متغير فهو المستخدم في إنشاء الخرائط.



اتجاه الشمال

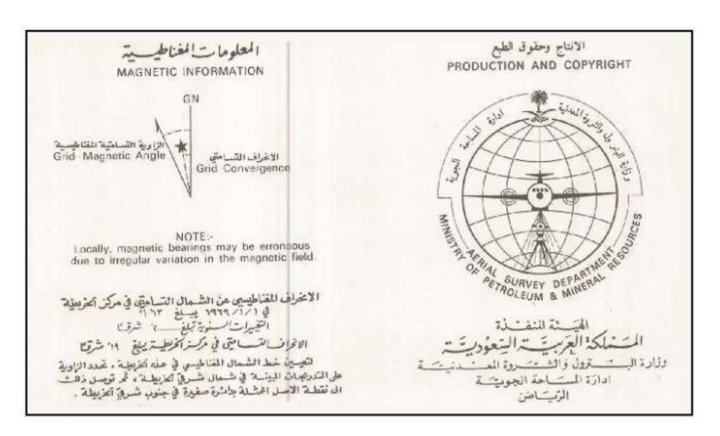
زاوية الاختلاف **Declination Angle:**

يطلق أسم زاوية الاختلاف علي الزاوية المحصورة بين اتجاهي الشمال المغناطيسي و الجغرافي عند نقطة معينة في زمن معين. فإذا كان الشمال المغناطيسي شرق الشمال الجغرافي فتكون إشارة زاوية الاختلاف موجبه ، وإذا كان الشمال المغناطيسي غرب الشمال الجغرافي فتكون إشارة زاوية الاختلاف سالبة:

الانحراف الجغرافي= الانحراف المغناطيسي± زاوية الاختلاف حيث:

1. إن كانت زاوية الاختلاف شرقا - إن كانت زاوية الاختلاف غربا

وغالبا توضع زاوية الاختلاف علي الخريطة لتحدد قيمتها و اتجاهها عند إنشاء الخريطة:



مثال لمعلومات زاوية الاختلاف علي خريطة

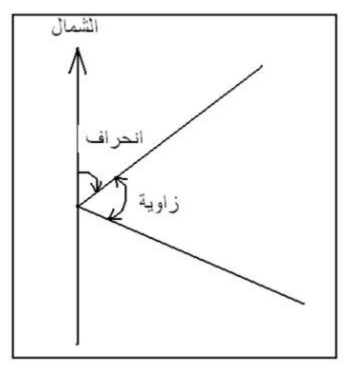
الشمال الاختياري أو المفروض **Arbitrary or Assumed Meridian:**

حالة عدم معرفة الراصد في الطبيعة لأيا من اتجاهي الشمال المغناطيسي أو الجغرافي فأنه يقوم بافتراض اتجاه شمال لكي يبدأ منه أعمال القياس المساحي (غالبا يكون اتجاه أحد خطوط العمل المساحي) كاتجاه مرجعي مفروض لهذا العمل. ولاحقا قد يتمكن الراصد من معرفة العلاقة بين هذا الشمال الاختياري والشمال الحقيقي ومن ثم يقوم بتصحيح قياساته لينسبها إلي اتجاه الشمال الحقيقي.

٢-٤ الانحرافات و أنواعها

يطلق مصطلح "الزاوية" علي الزاوية المقاسة بين خطين ، بينما يطلق مصطلح

"الانحراف **Bearing or Azimuth**" علي الزاوية المقاسة بدءا من اتجاه الشمال إلي الخط المطلوب. فان كان الاتجاه المرجعي (لبدء القياس) هو الشمال المغناطيسي فنحصل علي الانحراف المغناطيسي ، بينما إن كان الاتجاه المرجعي (لبدء القياس) هو الشمال الجغرافي فنحصل علي الانحراف الجغرافي أو الحقيقي.

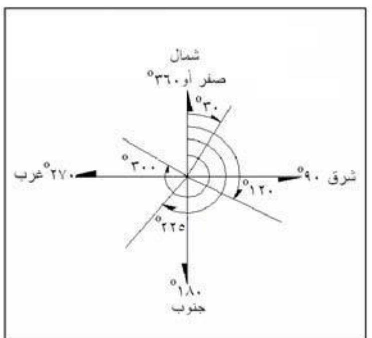


الزاوية و الانحراف

يوجد نوعين من أنواع الانحرفات المستخدمة في المساحة: الانحراف الدائري و الانحراف المختصر.

٢-٤-١ الانحراف الدائري **Azimuth:**

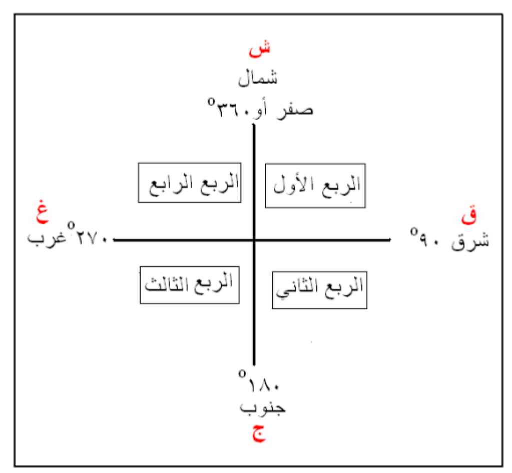
هو الزاوية المقاسة (١) بدءا من اتجاه الشمال (٢) وباتجاه دوران عقرب الساعة ، وتتراوح قيمته بين الصفر و ٣٦٠ درجة ستينية.

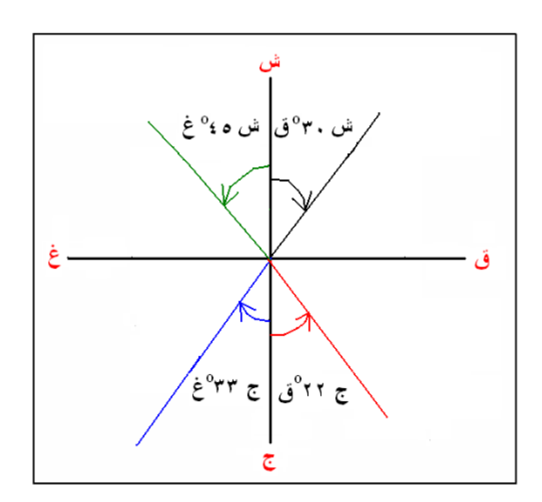


الانحراف الدائري

٢-٤-٢ الانحراف المختصر **Bearing:**

الزاوية المقاسة (١) بدءا من اتجاه الشمال (٢) أو اتجاه الجنوب (٣) وباتجاه دوران عقرب الساعة (٤) أو ضد اتجاه دوران عقرب الساعة، وتتراوح قيمته بين الصفر و ٩٠ درجة ستينية فقط. ولذلك فلا بد من ذكر ربع الدائرة الواقع به الانحراف المختصر.



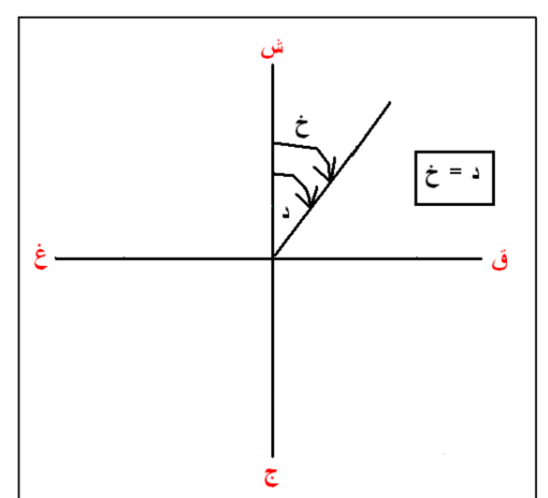


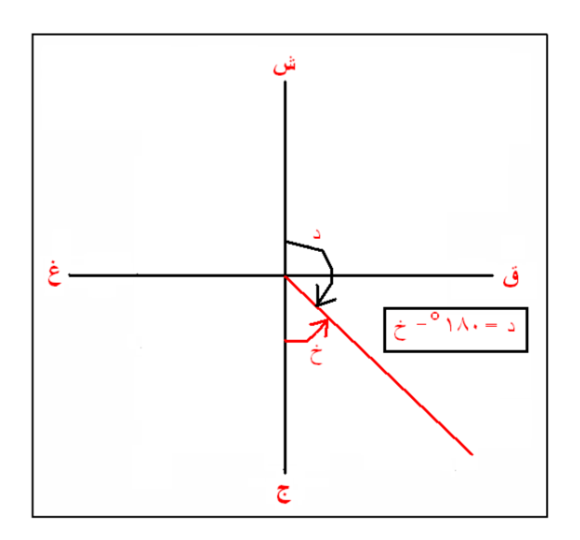
الانحراف المختصر

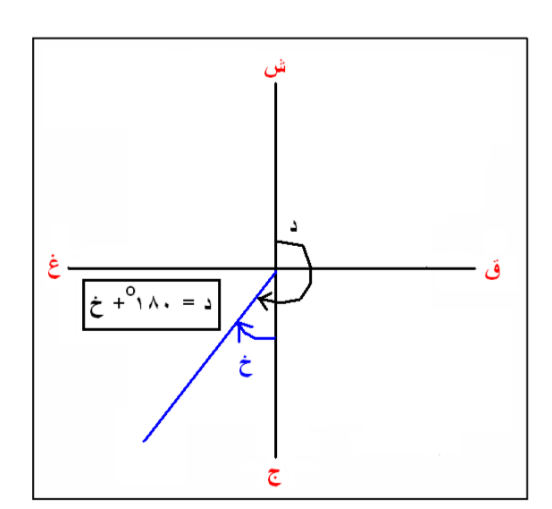
٢-٤-٣ التحويل بين الانحراف الدائري و الانحراف المختصر

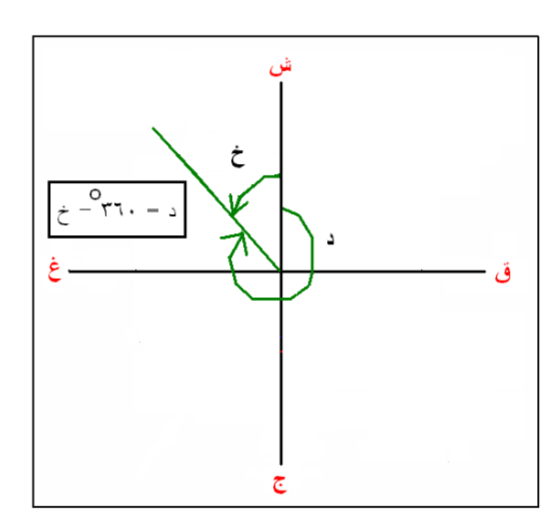
طبقا للربع الواقع به الانحراف المختصر فيمكن استنباط المعادلات الأربعة التالية للتحويل بين الانحراف الدائري (د) والانحراف المختصر (خ) كما في الشكل التالي:

الربع	المعادلة
الأول	د= خ (٢-٣٩)
الثاني	د= ١٨٠° − خ (٢-٤٠)
الثالث	د= ١٨٠° + خ (٢-٤١)
الرابع	د= ٣٦٠° − خ (٢-٤٢)







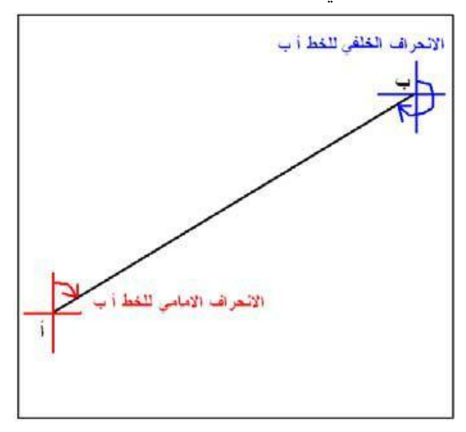


التحويل بين الانحراف الدائري و المختصر الجدول التالي يوضح بعض الأمثلة للتحويل بين كلا نوعي الانحراف:

الانجراف الدائري	الانحراف المختصر
٠١٤° ٠٣' ٤٩"	ش ٠١٤° ٠٣' ٤٩" ق
١٣٠° ٣٦' ٤٢"	ج ٠٤٩° ٢٣' ١٨" ق
٢١٨° ٤٤' ٥٣"	ج ٠٣٨° ٤٤' ٥٣" غ
٢٩٤° ١٧' ٥٨"	ش ٠٦٥° ٤٢' ٠٢" غ

٢-٤-٤ الانحراف الأمامي و الانحراف الخلفي لخط

يتكون أي خط من نقطتي البداية و النهاية ، ولذلك فيكون له انحرافين: الانحراف الأمامي وهو الانحراف المقاس عند بداية الخط ، والانحراف الخلفي وهو الانحراف المقاس عند نهاية الخط.



الانحراف الأمامي و الخلفي

والعلاقة بينهما هي:

الانحراف الخلفي= الانحراف الأمامي± ١٨٠°

حيث:

1. عندما يكون الانحراف المعلوم منهما أقل من ١٨٠° - عندما يكون الانحراف المعلوم منهما أكبر من ١٨٠°

مثال ١:

أوجد الانحراف الخلفي للخط أ ب الذي يبلغ انحرافه الأمامي ٤٢" ٣٦' ١٣٠° ؟

حيث أن الانحراف المعلوم أقل من ١٨٠° فأن:

الانحراف الخلفي= الانحراف الأمامي+ ١٨٠°

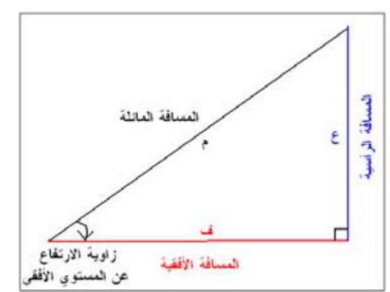
1. ٤٢" ٣٦' ١٣٠° + ١٨٠°
2. ٤٢" ٣٦' ٣١٠°

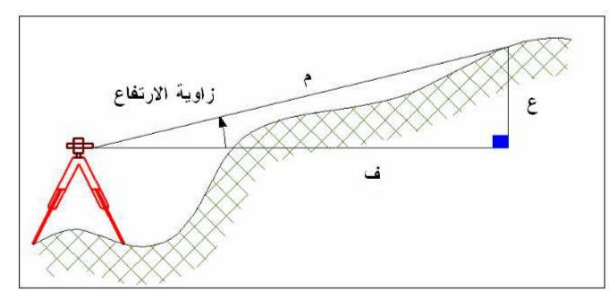
٢-٥ أنواع المسافات

تنقسم المسافات إلي ثلاثة أنواع: الأفقية والمائلة و الرأسية.

عند قياس المسافة بين نقطتين يقعان علي مستوي أفقي واحد (لا يوجد فرق ارتفاع بينهما) فهذه المسافة تسمي المسافة الأفقية. بينما إذا كانت احدي النقطتين مرتفعة عن الأخرى فالمسافة المقاسة بينهما يطبق عليها اسم المسافة المائلة. أما الفرق في المستوي الرأسي بين هاتين النقطتين (فرق الارتفاع بينهما) فيسمي المسافة الرأسية.

يجمع مثلث قائم الزاوية بين المسافات الثلاثة مما يمكننا من حساب مسافة من مسافة أخري بعدة طرق:





أنواع المسافات

$$\text{م}^{٢}=\text{ف}^{٢}+\text{ع}^{٢}$$

أي أن:

$$\text{ف}=\sqrt{(\text{م}^{٢}-\text{ع}^{٢})}$$

وبذلك يمكن حساب المسافة الأفقية (التي يتم توقيعها علي الخرائط) بمعلومية قيمة المسافة المائلة (المقاسة في الطبيعة) والمسافة الرأسية (فرق الارتفاع بين النقطتين). جتا (زاوية الارتفاع)= ف / م

أي أن:

ف= م × جتا (زاوية الارتفاع)

وبذلك يمكن حساب المسافة الأفقية (التي يتم توقيعها علي الخرائط) بمعلومية قيمة المسافة المائلة (المقاسة في الطبيعة) وقيمة زاوية الارتفاع بين النقطتين.

٢-٦ قياس المسافات

تعد المسافات أحد أهم أنواع القياسات المساحية ، وان كانت هي أقدمها تاريخيا إلا أنها مازالت تحتل جانبا كبيرا من الأهمية في العمل المساحي. وكم هو معروف فأننا نقوم بقياس المسافة المائلة (المباشرة أو الفراغية) في الطبيعة ثم نحولها– حسابيا– إلي المسافة الأفقية التي يتم توقيعها في الخرائط. يوجد أسلوبين لقياس المسافات في الطبيعة: إما بالشريط أو باستخدام جهاز قياس المسافات الكترونيا.

٢-٦-١ قياس المسافات بالشريط **Tape**

أنواع الشرائط:

قبل ابتكار الشريط (بصورته الحالية) كان يتم استخدام ما يسمي بالجنزير **chain** لقياس المسافات والذي يتكون من عدد من حلقات الحديد التي تكون شريطا له طول معين معاير بدقة.

تصنع الشرائط إما من (١) الصلب أو من (٢) مادة الكتان أو التيل ، بينما للقياسات الدقيقة يتم استخدام (٣) شريط الأنفار (٣٥% من مادة النيل و ٦٥% من الحديد) حيث أن لا يتأثر كثيرا بالحرارة إلا أنه أغلي سعرا من كلا النوعين السابقين. تأتي الشرائط في أطوال محددة هي ١٠، ٢٠ ، ٣٠ ، ٥٠ ، ١٠٠ متر.



أنواع الشريط

يتميز شريط التيل بسهولة حمله لأنه خفيف وعادة يتم استخدامه في الأعمال التي لا تتطلب دقة عالية لأنه يتأثر بالبلل ويتغير طوله نتيجة الشد. أما الشريط الصلب فهو أدق من النوع الأول نظرا لصلابته وقله تمدده أو انكماشه إلا أنه أثقل وزنا من الشريط الكتان كما أنه قابل للصدأ.

أدوات مساعدة مع الشريط:

عند قياس المسافات بالشريط (في حالة أن المسافة المطلوب قياسها أكبر من طول

الشريط ذاته) فتوجد عدة أدوات مساعدة تشمل:

١- الشواخص **Range Pole or Rod:**

يتكون الشاخص من عمود خشبي (أو معدني أحيانا) يتراوح طوله بين ٢ و ٥ متر ، ويستخدم في توجيه الخط المطلوب قياسه حتى تكون جميع الأجزاء المقاسة بالشريط واقعه علي الخط المستقيم الواصل بين النقطتين المطلوب قياس المسافة بينهما. ٢- الأوتاد **Pegs:**

طرفها السفلي مدببا ليسهل غرزه في الأرض، وتستخدم لتحديد مكان علامات بداية و نهاية

الخط المقاس. الأوتاد أما خشبية تستخدم في الأراضي الزراعية أو حديدية تستخدم في الأراضي

الصلبة.

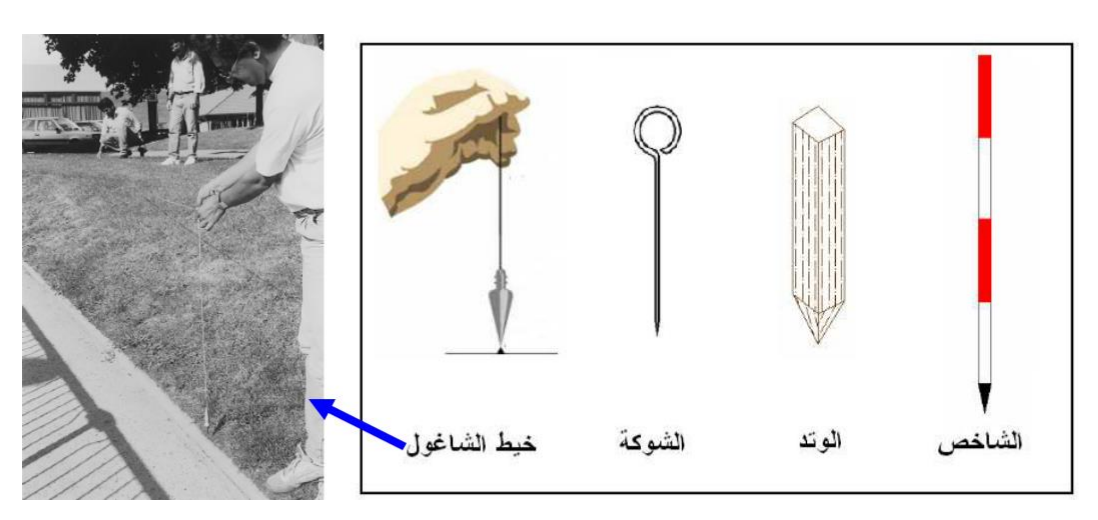
٣- الشوك **Pins or Arrows:**

وهي عبارة عن أسياخ من الصلب بطول يتراوح بين ٣٠ و ٤٠ سنتيمتر تستخدم

لتحديد بداية ونهاية الشريط.

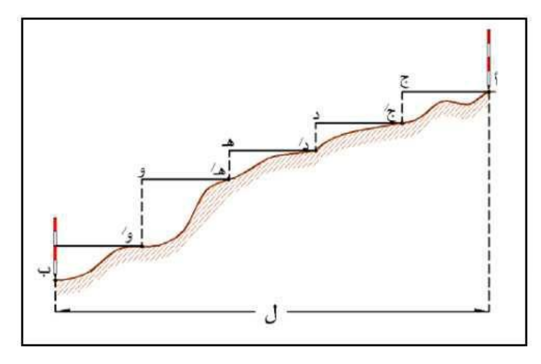
٤- خيط الشاغول **Plumb Bob:**

وهو خيط ينتهي بقطعة معدنية مخروطة الشكل ذات رأس مدبب ، يستخدم لتحديد مسقط بداية الشريط عندما يكون في وضعه الأفقي أعلي من سطح الأرض.



أدوات مساعدة مع الشريط

إذا كان قياس المسافة المطلوبة سيتم علي أرض غير منتظمة الميل فيتم تجزئتها إلي عدة أقسام بحيث يكون الشريط في وضع أفقي في كل جزء ، وذلك باستخدام خبط الشاغول:

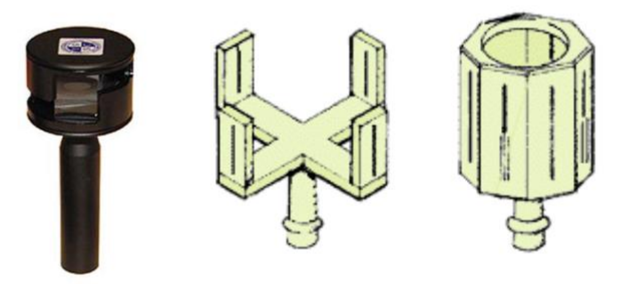


قياس المسافات علي أرض مائلة

للأعمال المساحية الدقيقة يتم أيضا استخدام ترمومتر لقياس درجة حرارة الجو أثناء

القياس ليتم لاحقا تصحيح الخط المقاس بالشريط طبقا لتأثره بالحرارة. كما أيضا يتم استخدام ميزان ماء لضمان أفقية الشريط أثناء قياس المسافة.

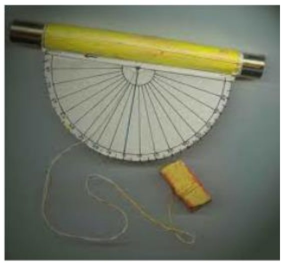
يستخدم الشريط أيضا في إقامة عمود (خط يتعامد علي خط موجود في الطبيعة) وذلك بالاستعانة بجهاز آخر يسمي المثلث المساح **Cross Staff** أو بجهاز المثلث ذو المرآة.



المثلث المساح

عند قياس مسافة مباشرة كبيرة باستخدام الشريط يتم الاستعانة بجهاز الكلينومتر **Clinometer** لقياس زاوية الارتفاع حتى يمكن– لاحقا– حساب المسافة الأفقية المناظرة للمسافة المائلة المقاسة:





الكلينومتر

٢-٦-٢ قياس المسافات الكترونيا

يعتمد مبدأ قياس المسافات الكترونيا علي المعادلة الرياضية التي تجمع كلا من المسافة

1. السرعة و الزمن: المسافة= السرعة× الزمن

فإذا تمكننا من قياس سرعة شعاع أو موجة (كهرومغناطيسية**electro-magnetic** أو كهروبصرية**electro-optical)** أثناء انتقاله بين نقطتين وقمنا بقياس الزمن الذي استغرقته هذه الموجة للسفر بين كلا النقطتين فيمكننا حساب المسافة بينهما.

بدأ تطبيق هذا المبدأ

مجال المساحة وذلك عن طريق إطلاق موجة من جهاز (عند النقطة الأولي من الخط

المطلوب قياسه) إلي النهاية الثانية للخط حيث يوجد جهاز عاكس يقوم بعكس هذه الموجه في نفس مسارها ، ويقوم الجهاز المرسل بقياس الفترة الزمنية التي استغرقتها هذه الموجة منذ إطلاقها:

الفترة الزمنية= وقت الاستقبال- وقت الإرسال

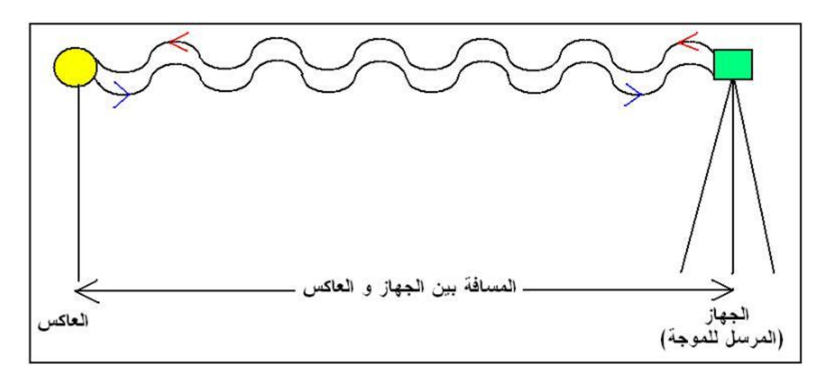
لكن هذه الفترة الزمنية المقاسة هي الزمن الذي استغرقته الموجه (١) منذ صدورها من

الجهاز المرسل حتى وصولها للعاكس ثم (٢) عودتها مرة أخري للجهاز المرسل أي أنها

ضعف الفترة الزمنية بين المرسل و العاكس. لذلك فأن المسافة المحسوبة ستعادل ضعف المسافة بين جهازي المرسل و العاكس:

ضعف المسافة بين المرسل و العاكس= الفترة الزمنية× سرعة الموجة المسافة بين المرسل و العاكس= (الفترة الزمنية× سرعة الموجة)÷ ٢

من المعلوم أن أي موجه تسير في الفضاء تكون سرعتها هي سرعة الضوء التي تعادل تقريبا ثلاثمائة ألف كيلومتر في الثانية (أو بالضبط ٢٩٩٧٩٢.٤٥٨ كيلومتر في الثانية) ، أي أن قياس الفترة الزمنية للموجه هو كل ما يلزم لحساب المسافة بين كلا من جهاز الإرسال والعاكس. ومن هنا جاءت فكرة ابتكار أجهزة قياس المسافات الكترونيا **Electronic Distance Measurement** والتي اختصرت إلي الأحرف الثلاثة**EDM.**



مبدأ قياس المسافات الكترونيا

تتعدد أنواع الأشعة المستخدمة في قياس المسافات الكترونيا وتشمل (١) موجات الراديو وتستخدم في قياس المسافات الطويلة حتى ٥٠-٦٠ كيلومتر ، (٢) الموجات تحت الحمراء وهي الأكثر استخداما الآن في أجهزة المحطات الشاملة**Total Station** وتستخدم لقياس المسافات ١٠-٣٠ كيلومتر ، (٣) الموجات الضوئية المرئية والتي تستخدم لقياس المسافات الأقل من ١٠ كيلومتر ، (٤) الليزر المرئي للمسافات متناهية الصغر والتي تبلغ عشرات الأمتار.

بدا إنتاج أجهزة قياس المسافات الكترونيا**EDM** منذ بداية الخمسينات من القرن العشرين الميلادي وكانت أجهزة منفصلة يتم تركيبها فوق أجهزة قياس الزوايا (الثيودوليت) بحيث يتم قياس الزاوية و المسافة في نفس الوقت.





أجهزة قياس المسافات الكترونيا

معظم أجهزة المساحة لقياس المسافات الكترونيا تعتمد علي وجود عاكس**Reflector** أو منشور عاكس**Prism** يقوم بعكس الموجة إلي جهاز الاستقبال مرة أخري. يتكون العاكس من منشور من الزجاج النقي مطلي بمادة الفلوريسنت - لزيادة قوة انعكاس الأشعة - يوضع غاليا داخل إطار بلاستيكي ملون لسهولة رؤيته من مسافات كبيرة. وقد يوضع العاكس علي

حامل ثلاثي لضمان وقوعه رأسيا أعلي النقطة المحتلة بالضبط (للقياسات المساحية الدقيقة) أو يوضع أعلي عصا **pole** يمسكها الراصد بيده.






عواكس أجهزة قياس المسافات الكترونيا

أيضا توجد أهداف عاكسة **Reflective Sheet** يمكن استخدامها بديلا عن العاكس وهي عبارة عن ألواح رقيقة يتم طلاؤها بمادة الفلوريسنت العاكسة للأشعة. تستخدم الأهداف العاكسة في الطبيعة للمواقع التي لا يمكن تثبيت العاكس عندها مثل الحوائط و الأعمدة الخرسانية.

كما توجد أجهزة مساحية يمكنها قياس المسافات الكترونيا بدون عاكس **Reflector-Less** (للمسافات القصيرة وحتى مئات الأمتار) وذلك باستخدام موجات تتميز بخاصية الانعكاس عند اصطدامها بأي هدف. وبذلك فأن هذه النوعية من الأجهزة المساحية تمكننا من قياس المسافات دون الحاجة لاحتلال نقطة نهاية الخط ، أي يمكنها قياس المسافة إلي أعلي قمة برج أو إلي خط تيار كهربائي .... الخ.
تم إنتاج بعض أجهزة قياس المسافات الكترونيا (باستخدام موجات الليزر المرئي) مخصصة للأعمال الهندسية البسيطة (غير المساحية) حيث أصبحت هذه الأجهزة محمولة يدويا **hand-held** ليتم استخدامها بصورة سريعة و بسيطة (داخل المنشئات و المباني مثلا) لقياس المسافات الصغيرة وبدقة سنتيمترات.





أجهزة محمولة لقياس المسافات الكترونيا

٢-٧ قياس الانحرافات

تاريخيا تطورت أعمال الرفع المساحي لتشمل— بالإضافة لقياسات الشريط - قياس الانحرافات المغناطيسية للمعالم مع اختراع أجهزة البوصلة المغناطيسية. ربما يعود ذكر البوصلة كأول مرة إلي الصين في عام ١١٠٠ م تقريبا ، إلا أن علماء المسلمين قد أسهموا في تطوير هذا الجهاز واستخدامه في الملاحة البحرية وخاصة العالم العربي الكبير ابن ماجد في عام ١٤٥٠ تقريبا. مع أن البوصلة أصبحت غير مستخدمة الآن في القياسات المساحية الدقيقة إلا أنها ربما تستخدم في أعمال الاستكشاف المبدئي للمنطقة المراد رفعها.

٢-٧-١ البوصلة المغناطيسية

تتكون البوصلة من إبرة مغناطيسية تترك حرة الحركة داخل علبة بها قرص مدرج من صفر الي ٣٦٠ درجة ستينية. تستخدم البوصلة لقياس الانحرافات المغناطيسية (هي الجهاز المساحي الوحيد لقياس الانحرافات المغناطيسية) بدقة ١ درجة ستينية أو أقل ، ولذلك فأنها لا تستخدم في الأعمال المساحية الدقيقة.

يوجد نوعين رئيسين من البوصلة المغناطيسية هما بوصلة المساح **Surveyor's Compass** و البوصلة المنشورية **Prismatic Compass** وهي النوع الأحدث المنتشر حاليا.



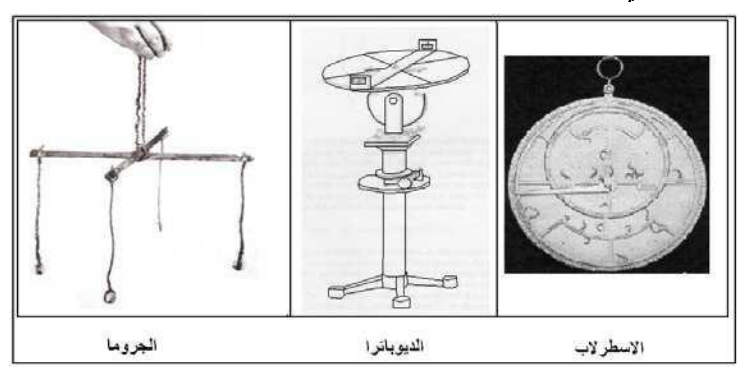



البوصلة المغناطيسية

تتميز البوصلة بعدة مميزات منها أنها خفيفة الوزن و بسيطة وسهل العمل بها ، كما أن الانحراف المقاس لأي خط مستقل عن انحراف أي خط آخر وبذلك لا تتراكم أخطاء القياس. تتركز أهم عيوب البوصلة المغناطيسية في دقتها القليلة حيث تقيس الانحرافات بدقة ١٠ دقائق ستينية في أحسن الأحوال ، كما أنهها تتأثر بالجاذبية المحلية في منطقة الرصد بالإضافة إلي أنها تعتمد علي التوجيه البصري مما لا يجعلها مناسبة للمسافات البعيدة.

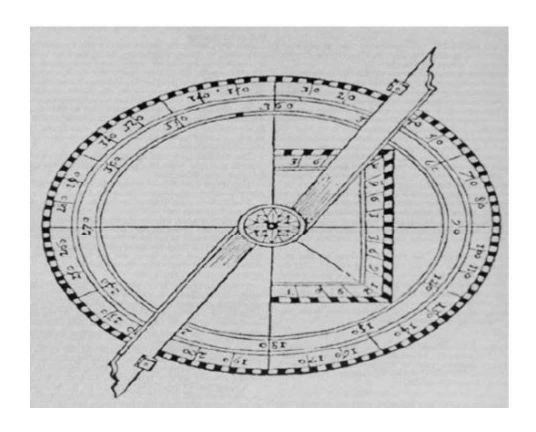
٨-٢ قياس الزوايا (جهاز الثيودوليت)

تعد قياسات الزوايا من أهم أنواع القياسات المساحية والتي عرفها الإنسان منذ آلاف السنين. يمكن اعتبار جهاز الجروما**Groma** هو أول جهاز بدائي أبتكره قدماء المصريين في عام ١٥٠٠ قبل الميلاد تقريبا لإنشاء الزوايا القائمة في الطبيعة. وربما أستمر العمل بهذا الجهاز لعدة قرون قبل أن يتم ابتكار جهاز الديوبترا**Dioptra** من قبل الرومان في عام ١٥٠ ميلادي تقريبا. أما أول جهاز ملاحي حقيقي فقد كان الاسطرلاب الذي أخترعه علماء المسلمين في حوالي القرن الثامن الميلادي.



أجهزة قياسات زاوية تاريخية

أما أسم الثيودوليت**Thedolite** فقد ظهر لأول مرة في عام ١٥٧١م في كتاب للعالم ليونارد ديجيس **Leonard Digges** ، ويتكون الجهاز من تدريج دائري أفقي مركب علي عمود رأسي حيث كانت تقاس الزوايا من خلال زوج من النظرات (أو الشعرات) مركبين علي مسطرة دوارة. وفي عام ١٦٣١م أخترع العالم بيير فيرنر**Pierre Vernier** أول جهاز ورنية **Vernier** (أطلق عليها أسمه) وهي تدريج إضافي يركب علي التدريج الأصلي لزاوية الثيودوليت بحيث يمكن قياس الزوايا بأجزاء من الدرجة. إلا أن أهم أنواع أجهزة الثيودوليت المساحي الدقيق بدأ في الظهور تقريبا في العشرينات من القرن العشرين الميلادي علي يد السويسري هينريك فيلد**Heinrich Wild** وهو الاسم الشهير في عالم تصنيع الثيودوليت المسمي بأسمه**Wild** الذي ظل لعقود طويلة أشهر و أدق أنواع الأجهزة المساحية لقياس الزوايا (مثل جهاز ثيودليت**Wild T2** الشهير).



أول جهاز ثيودليت في التاريخ



جهاز الثيودوليت الشهير**Wild T2**

٢-٩ جهاز الثيودوليت

يمكن تقسيم أجهزة الثيودوليت المساحية إلي مجموعتين: الأجهزة البصرية و الأجهزة الرقمية. كما توجد أنواع خاصة من أجهزة الثيودوليت مثل جهاز الجيرو-ثيودوليت**Gyro-Theodolite** المستخدم للقياسات تحت سطح الأرض (في المناجم و الأنفاق).

٢-٩-١ الثيودوليت البصري

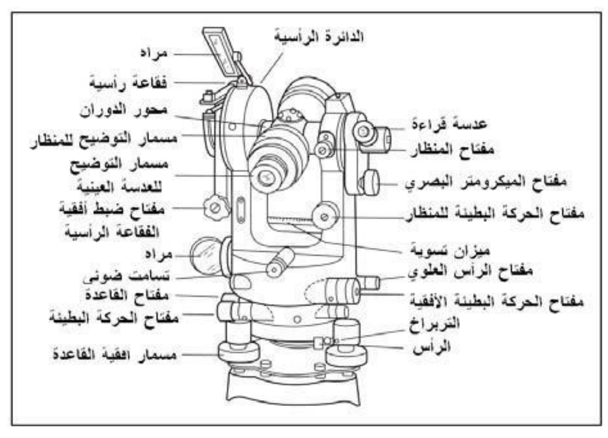
يتكون الثيودوليت البصري (التقليدي) من عدد من الأجزاء الأساسية تشمل:

التربراخ: القاعدة التي تجمع فوقها كل أجزاء الجهاز والتي بها ثلاثة مفاتيح لضبط أفقية ميزان التسوية (فقاعة الماء) المثبت عليها ، بالإضافة لمنظار تسامت ضوئي لضمان وقوع محور الجهاز أعلي النقطة الأرضية.

الجزء السفلي: يحتوي الدائرة الأفقية لقياس الزوايا الأفقية ولها مفتاحين للحركة أحدهما للحركة الأفقية السريعة والآخر للحركة الأفقية البطيئة.

الجزء العلوي أو الأليداد: يحتوي الدائرة الرأسية لقياس الزوايا الرأسية بالإضافة لميزان تسوية (فقاعة) رأسي.

المنظار (التلسكوب) المجهز أيضا بمفتاحين للحركة الرأسية (السريعة و البطيئة) بالإضافة لعدستين عينية (القريبة من عين الراصد) و شيئية (الموجهة للهدف) ومعهما مفتاح لتوضيح الرؤية لكل عدسة.



أجزاء الثيودوليت

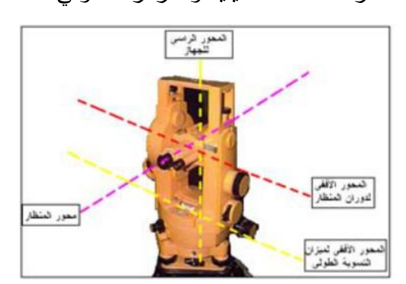
لجهاز الثيودوليت ٤ محاور تتكون من:

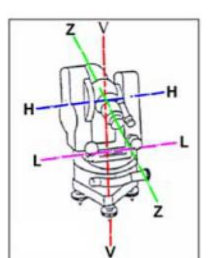
المحور الرأسي**V-V:** يمر بمركز الدائرة الأفقية ويدور الجهاز حوله في مستوي أفقي. ٢. المحور الأفقي**H-H:** يمر بمركز الدائرة الرأسية ويدور الجهاز حوله في مستوي

رأسي.

٣. محور ميزان التسوية الطولي**L-L:** الخط المستقيم المماس لميزان التسوية الطولي عند المنتصف.

٤. محور خط النظر**Z-Z:** الخط الواصل بين نقطة تقاطع حامل الشعرات للعدسة العينية والمركز الضوئي للعدسة الشيئية.





محاور الثيودوليت

٢-٩-٢ الثيودوليت الرقمي

الثيودوليت الرقمي أو الالكتروني هو ثيودوليت عادي تم إضافة شاشة الكترونية له

لتظهر عليها الزوايا المرصودة بدلا من قرائنها يدويا في الثيودوليت العادي. يحتاج الثيودوليت الرقمي لبطارية لتشغيله وبعض أنواعه تحتوي علي كارت ذاكرة لتخزين القياسات ثم نقلها مباشرة للحاسب الآلي.



الثيودوليت الرقمي

يتميز الثيودوليت الرقمي بسهولة تشغيله وسرعته في انجاز العمل المساحي إلا أنه

أغلي سعرا من الثيودوليت العادي.

الفصل الثالث

أعمال و أجهزة المساحة

الأهداف التعليمية:

بنهاية هذا الفصل يكون الطلاب قادرين علي فهم:

تعريف الميزانية ٢. أنواع جهاز الميزان ٣. أنواع الميزانية ٤. أجهزة قياس الزوايا

٥. المساحة الجوية أو التصويرية ٦. المساحة الجيوديسية

٣-١ الميزانية

الميزانية هي فرع المساحة الذي يبحث في الطرق المختلفة لقياس الارتفاعات للمعالم

الجغرافية علي سطح الأرض. و تعد الميزانية (أو التسوية) من أهم تطبيقات علم المساحة في كافة المشروعات المدنية و العسكرية علي الأرض، فهي أساس العمل المساحي في تنفيذ مشروعات البناء و الجسور و الكباري و الطرق و السكك الحديدية والترع و المصارف والسدود وتسوية الأراضي ... الخ.

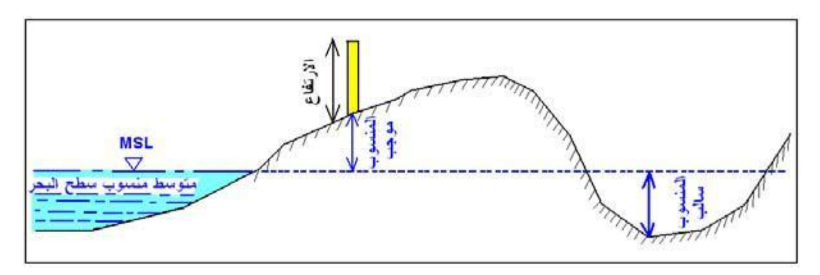
٣-١-١ المنسوب والارتفاع

لتحديد البعد الرأسي (ارتفاع أو الانخفاض) لمجموعة من النقاط يلزم سطح مرجعي أو

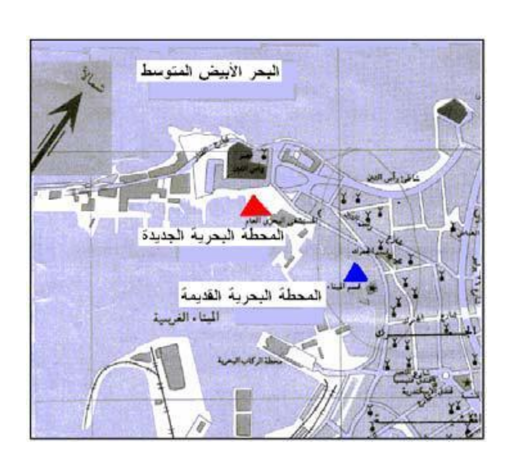
مستوي مقارنه تنسب إليه جميع القياسات ، أي سطح عين يكون الارتفاع عنده مساويا للصفر. يتكون كوكب الأرض من مياه (بحار و محيطات) تغطي ٧٥% من إجمالي سطح الكوكب بينما تمثل اليابسة (القارات) الجزء المتبقي. لذلك أتخذ علماء المساحة منذ مئات السنين مستوي سطح البحر (وامتداده الوهمي تحت اليابسة) كسطح مرجعي لقياس الارتفاعات. بما أن مياه البحار و المحيطات تتأثر علي سطحها بالتيارات البحرية اليومية و تأثيرات المد و الجزر فأن مستوي المقارنة هو متوسط منسوب سطح البحر **Mean Sea Level** أو اختصارا **MSL.** فإذا تم قياس البعد الرأسي لأي معلم بدءا من أي مرجع فنطلق علي هذا القياس أسم "الارتفاع

"Height" بينما إذا تم القياس بدءا من متوسط منسوب سطح البحر **MSL** فنطلق علي هذا البعد أسم "المنسوب **Level"**. أي أن المنسوب هو ارتفاع من نوع خاص تم قياسه أو تحديده بدءا من متوسط منسوب سطح البحر. يكون المنسوب موجبا إن كان أعلي من منسوب متوسط سطح البحر، ويكون سالبا إن كان أقل منه.

قامت كل دولة بتحديد متوسط منسوب سطح البحر **MSL** في نقطة محددة ومن ثم تم اعتبار تلك النقطة هي أساس كل القياسات الرأسية (المناسيب) في هذه الدولة. مثلا في مصر فأن محطة تحديد متوسط منسوب سطح البحر كانت في ميناء الإسكندرية (علي ساحل البحر الأبيض المتوسط) في عام ١٩٠٧ ولذلك نجد في أسفل كل خريطة مصرية جملة "المناسيب مقاسة نسبة إلي متوسط منسوب سطح البحر عند الإسكندرية في عام ١٩٠٧". كانت هذه العملية تتم من خلال قياس و تسجيل ارتفاع مياه سطح البحر داخل بئر - قريب من ساحل البحر وتدخله مياه البحر عن طريق أنبوبة– كل ساعة علي مدار اليوم ولمدة زمنية طويلة تتجاوز عدة سنوات حتى يمكن حساب متوسط هذه القياسات وبالتالي تحديد النقطة (داخل هذا البئر) التي يكون عندها متوسط منسوب سطح البحر مساويا للصفر. في مصر تمت هذه القياسات للفترة ١٨٩٨ - ١٩٠٧ حتى تم تحديد **MSL** لمصر.

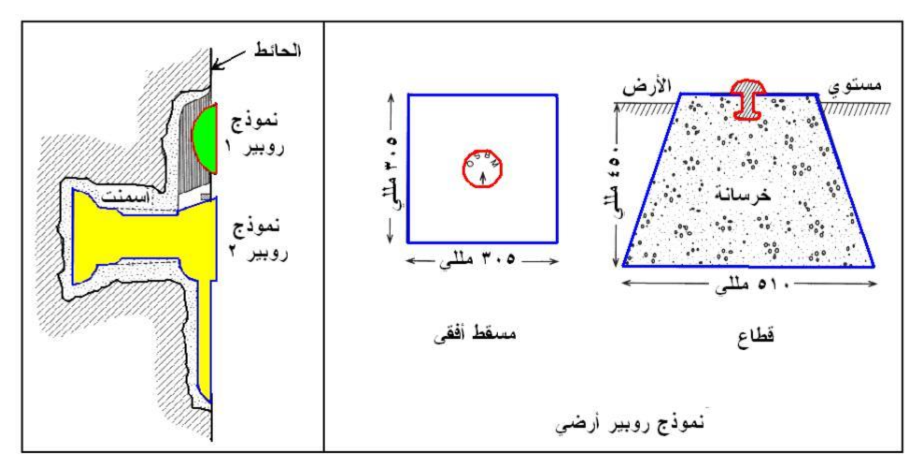


الارتفاع و المنسوب



محطة قياس منسوب سطح البحر في مصر

بعد تحديد متوسط منسوب سطح البحر للدولة يتم بناء نقطة ثوابت (علامة أرضية) بالقرب من هذا البئر ويتم قياس ارتفاع هذه النقطة عن متوسط منسوب سطح البحر (أي يتم تحديد منسوب هذه النقطة). أطلق أسم **Bench Mark** أو اختصارا **"BM"** أو "الروبير" علي هذه النقطة وعلي كل نقطة معلومة المنسوب. وبطريقة معينة (الميزانية التي سنتحدث عنها لاحقا) تم بناء مجموعة من علامات **BM** الروبيرات بحيث تغطي كافة الأنحاء المعمورة من الدولة، وهذا ما يطلق عليه أسم شبكة الثوابت الرأسية أو شبكات الميزانية أو الشبكات المساحية الرأسية. وبالتالي فتكون فأن من مهام الجهة الحكومية المسئولة عن المساحة في الدولة (الهيئة العامة للمساحة في مصر) توفير نقاط روبيرات داخل كل مدينة في هذه الدولة بحيث يمكن لأي مشروع هندسي أن يبدأ من نقطة **BM** معلومة المنسوب بالقرب من موقع المشروع. تكون الروبيرات أما مثبتة في حائط أي مبني (غالبا مبني حكومي) وتسمي روبيرات الحائط أو مثبتة في الأرض وتسمي روبيرات أرضية. ويتم الحصول علي معلومات أي روبير (موقعه بالتحديد وقيمة منسوبة) من الجهة المسئولة عن أعمال المساحة في هذه المدينة أو هذه الدولة.



أنواع و نماذج روبيرات

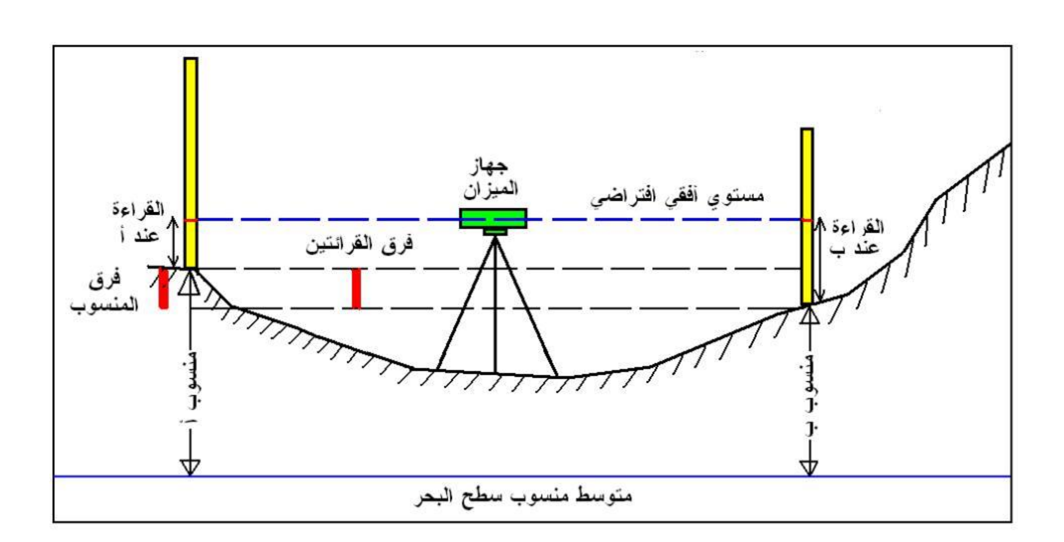
٣-١-٢ الميزانية **Levelling**

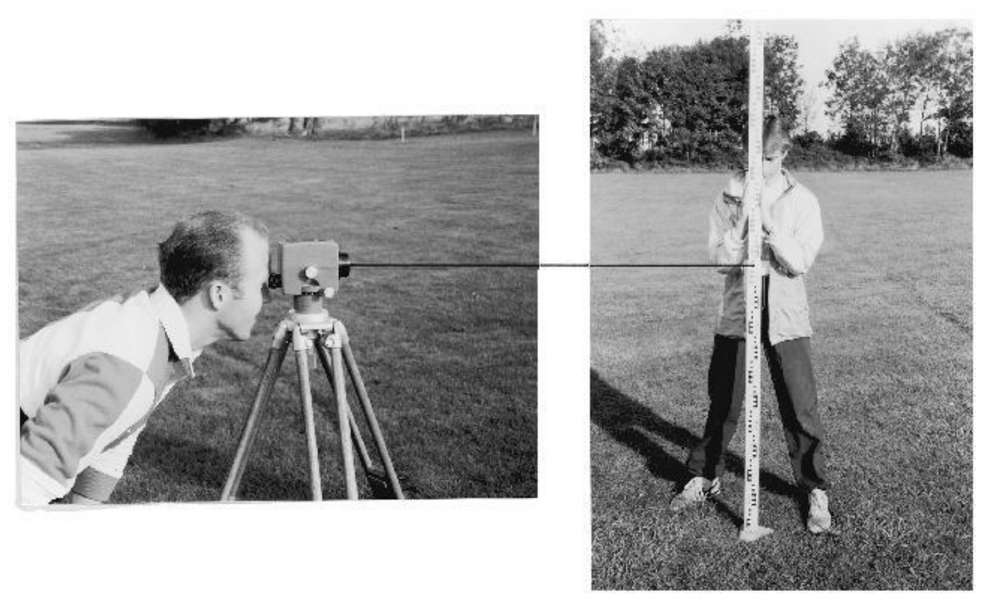
الميزانية هي العملية المساحية التي من خلالها يتم تحديد ارتفاع أي نقطة عن متوسط منسوب سطح البحر. تنقسم الميزانية إلي نوعين رئيسيان: (١) ميزانية مباشرة أو ميزانية هندسية **Direct or Spirit Levelling** وهي الموضوع الأساسي في هذا الفصل ، (٢) ميزانية غير مباشرة مثل الميزانية البارومترية و الميزانية الهيدروستاتيكية و الميزانية المثلثية. تعتمد الميزانية البارومترية علي مبدأ أن الضغط الجوي يتناسب عكسيا مع الارتفاع فوق مستوي سطح البحر، فإذا تمكننا من قياس فرق الضغط الجوي بين نقطتين (باستخدام جهاز

البارومتر) فيمكن تحويله حسابيا إلي فرق المنسوب بين هاتين النقطتين. تعد دقة الميزانية البارومترية دقة منخفضة ولا تستخدم إلا في أعمال الاستكشاف. أما الميزانية المثلثية فتعتمد علي قياس الزاوية الرأسية بين نقطتين (باستخدام الثيودليت) وقياس المسافة المائلة بينهما (بالشريط أو باستخدام **EDM**) ثم حساب فرق الارتفاع بين هاتين النقطتين. حديثا أمكن قياس فرق الارتفاع بين النقاط باستخدام تقنية النظام العالمي لتحديد المواقع المعروف بأسم **GPS** ثم تحويله حسابيا إلي فرق المنسوب بين هذه النقاط.

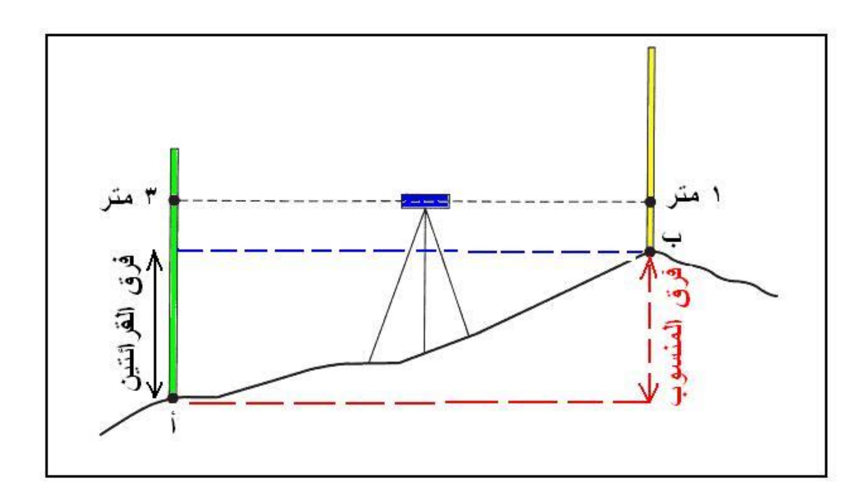
تعتمد فكرة الميزانية المباشرة (أو الميزانية الهندسية) علي وجود جهاز يحدد المستوي الأفقي بين نقطتين (يسمي جهاز الميزان) مع وجود مسطرة مدرجة (تسمي قامة) توضع رأسيا عند كل نقطة. فإذا تم تحديد تقاطع المستوي الأفقي مع المسطرة (القامة) عند كل نقطة وتسجيل هاتين القراءتين فأن فرق الارتفاع (فرق المنسوب) بين النقطتين هو فرق قراءتي القامتين. فإذا علمنا منسوب نقطة منهما أمكن حساب منسوب النقطة الثانية.

إذا أخذنا المثال التالي حيث وضعت القامة الأولي عند النقطة أ معلومة المنسوب ووضعت القامة الثانية عند النقطة ب المطلوب تحديد منسوبها. وضع جهاز الميزان بين النقطتين وكانت قراءة القامة عند أ تبلغ ٣ متر بينما قراءة القامة عند ب تبلغ ١ متر. إذن فرق القراءتين يساوي ٢ متر ، وهو نفس قيمة فرق المنسوب بين النقطتين أ و ب. فإذا علمنا منسوب النقطة أ (ارتفاعها عن منسوب متوسط سطح البحر) فيمكن حساب منسوب النقطة الثانية ب.





مبدأ الميزانية المباشرة



مثال للميزانية المباشرة

٣-١-٣ جهاز الميزان و ملحقاته

الميزان **Level** هو الجهاز المساحي المستخدم للحصول علي مستوي أفقي وهمي يوازي متوسط منسوب سطح البحر. تتكون أجهزة الميزان بصفة عامة من مجموعتين الميزان البصري والميزان الالكتروني أو الرقمي.



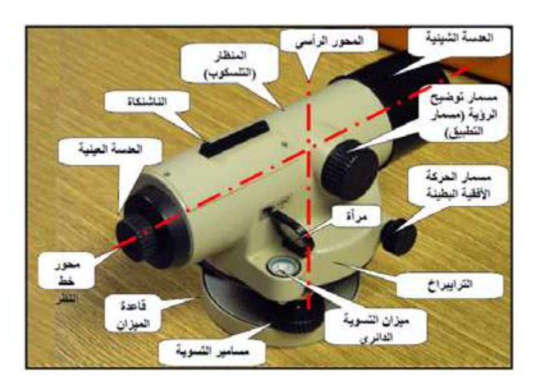
أجهزة ميزان بصري

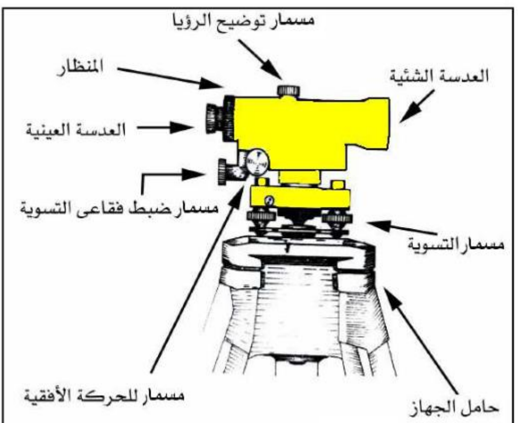
يتكون جهاز الميزان البصري من: المنظار أو التلسكوب ويوجد علي أحد طرفيه

العدسة العينية وعلي الطرف الأخر العدسة الشيئية ومثبت أعلاه أداة التوجيه نحو الهدف (الناشنكاه) ومركب علي جانبه مسمار توضيح الرؤية المسمي مسمار التطبيق، علي التربراخ يوجد مسمار الحركة الأفقية البطيئة للميزان بالإضافة لميزان التسوية الدائري وثلاثة مسامير لضبط أفقية الجهاز. ويركب الميزان علي قاعدته التي توضع علي الحامل الثلاثي (الخشبي أو الألمونيوم) عند الرصد. بعض أجهزة الميزان بها مراه أعلي ميزان التسوية الدائري لكي يتمكن الراصد من التحقق من أفقية الجهاز باستمرار. أجهزة الميزان الحديثة يوجد بداخلها ميزان تسوية آخر يمكن رؤيته من داخل العدسة العينية لكي يتم الحصول علي أفقية تامة للجهاز عند كل رصدة. أيضا في بعض أجهزة الميزان يوجد أسفل التربراخ قرص (منقلة أو دائرة أفقية) مدرج لقياس الزوايا الأفقية ، بدقة الدرجة أو كسورها.

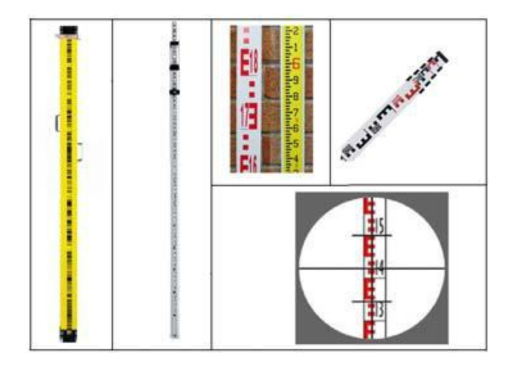
تعد القامة **Staff** أهم الأدوات المستخدمة مع جهاز الميزان لإجراء أعمال الميزانية (قياس فرق الارتفاع) في الطبيعة. القامة هي مسطرة مدرجة لأمتار وسنتيمترات يتراوح طولها بين ٣ و ٥ أمتار وان كان الطول الشائع للقامة هو ٤ أمتار. تصنع القامة إما من الخشب أو من الألمونيوم و توجد عدة أنواع من القامات فمنها: (أ) القامة المطوية التي تتكون من أكثر من قطعة متصلين و يمكن طيهم و عند الاستعمال تفرد القامة في استقامة واحدة ، (ب) القامة التلسكوبية أو المتداخلة حيث تتكون من ثلاثة (أو أربعة) أجزاء متداخلة تنزلق داخل بعضها وتتميز بصغر طولها عند عدم الاستخدام و ضمان عدم وجود ميل في أي جزء من أجزاء القامة، (ج) القامة المنزلقة وتتكون من جزأين منفصلين أحداهما ينزلق و راء الآخر في مجرى

صغير، (د) القامة ذات القطعة الواحدة والتي غالبا لا يتجاوز طولها المترين حتى يسهل حملها. يتم استخدام قامتين (أو أكثر) مع كل ميزان لإتمام أعمال الميزانية أو التسوية وذلك لسرعة إتمام العمل الحقلي.





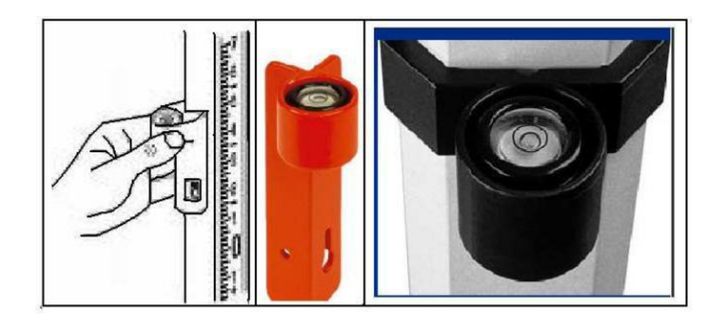
مكونات الميزان البصري



القامة

تشمل أدوات الميزان المساعدة أيضا: (١) ميزان تسوية صغير يتم تثبيته خلف أو

جانب القامة لضمان رأسية القامة ذاتها وعدم ميلها أثناء الرصد ، (٢) قاعدة حديدية توضع تحت القامة عند الرصد في الأراضي الرخوة أو الترابية أو الرملية ، (٣) دفتر الميزانية لتسجيل القراءات (أو الأرصاد) في الطبيعة.

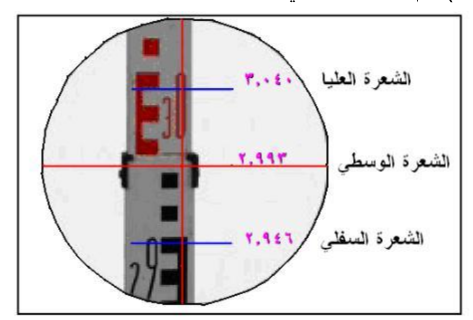


ميزان تسوية القامة

يوجد بالميزان حامل للشعرات يمكن الراصد من أخذ ٣ قراءات علي القامة: الشعرة

الوسطي هي التي تحدد قراءة القامة المستخدمة في حساب فرق المنسوب ، بينما الشعرتين العليا

1. الوسطي (يطلق عليهم أسم شعرات الاستاديا) يتم استخدامهما في حساب المسافة الأفقية بين القامتين.



القراءات علي القامة

تطورت أجهزة الميزان لتظهر مجموعة أخري منها تسمي الميزان الرقمي أو الالكتروني والذي يتميز بإمكانية تسجيل القراءات في ذاكرة الميزان (بدلا من استعمال دفتر الميزانية) وأيضا وجود لوحة مفاتيح علي الجهاز لتسجيل أية بيانات متعلقة بالمشروع. بعض الأجهزة الالكترونية تستخدم قامة من نوع خاص**bar-code staff** (ليست قامة مدرجة بالأرقام العادية) بحيث أن الميزان يحدد تقاطع المستوي الأفقي مع هذه القامة بصورة الكترونية ومنها يحس قيمة فرق الارتفاع بين الميزان و القامة. وبالتالي فيزيد سعر الميزان الرقمي عن سعر مثيله العادي. أيضا توجد بعض أنواع الميزان الالكتروني تسمي أجهزة ذاتية الضبط **self-levelling** حيث يوجد داخل الميزان جهاز موازنة**compensator** يمكنه الحفاظ علي أفقية الميزان (بعد ضبطه أول مرة) ، فإذا مال الميزان قليلا يقوم جهاز الموازنة بإعادته مرة أخري للوضع الأفقي السليم. يستخدم الميزان ذاتي الضبط في المواقع الإنشائية التي تكثر بها حركة المعدات الثقيلة واهتزازات الأرض مما يؤثر علي أفقية الميزان كثيرا.





أجهزة ميزان بصري رقمي أو الكتروني

يعتمد ميزان الليزر علي مبدأ إطلاق أشعة ليزر في مستوي أفقي حتى تنعكس عند

اصطدامها بقامة من نوع خاص وبالتالي يقوم جهاز مستقبل الليزر - الذي يتحرك علي القامة - بتحديد قراءة تدريج هذه النقطة الكترونيا ، ويتم تسجيل القياسات آليا داخل ذاكرة الجهاز. أي أن العمل بميزان الليزر لا يتطلب أي توجيه بصري إلي القامة وبالتالي فأن الراصد يتواجد مع القامة (وليس الميزان). يشيع استخدام أجهزة ميزان الليزر في أعمال التشييد والبناء لكن سعرها أغلي من أجهزة الميزان البصري.

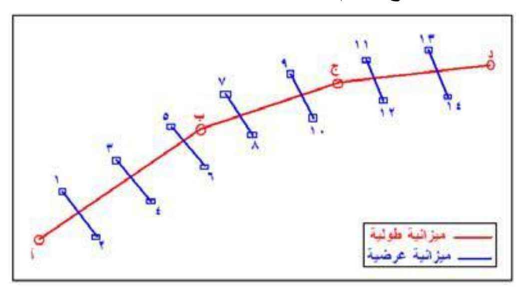


أجهزة ميزان ليزر

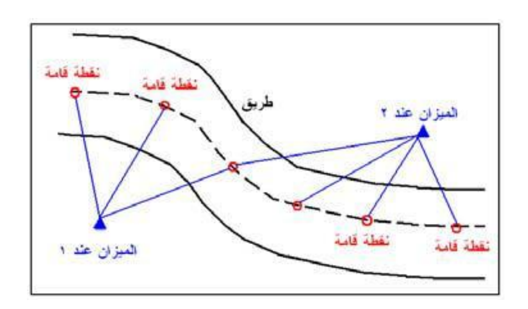
يتكون الضبط المؤقت لجهاز الميزان (استخدامه في الطبيعة) من ضبط أفقية الميزان باستخدام مسامير التسوية الثلاثة بنفس طريقة ضبط أفقية جهاز الثيودليت. استخدام الميزان لا يشمل أية عمليات تسامت حيث أن الميزان يتم استخدامه في أي مكان في الموقع ولا يتطلب احتلال نقطة معينة ، لكن عند بدء العمل فأن القامة توضع علي النقطة معلومة المنسوب**BM.**

٣-١-٤ أعمال الميزانية الطولية والعرضية

الميزانية الطولية هي عملية قياس فروق الارتفاعات (ثم حساب المناسيب) لمجموعة من النقاط علي خط واحد أي في الاتجاه الطولي للمشروع مثل الطرق و الجسور و الكباري. وبرسم ارتفاعات (أو مناسيب) هذه النقاط نحصل علي القطاع الطولي - تضاريس– للمشروع. أما الميزانية العرضية– كما هو واضح من أسمها– فهي قياس فروق الارتفاعات لمجموعة من النقاط العرضية أو العمودية علي محور المشروع لرسم القطاعات العرضية لتضاريس العمل.



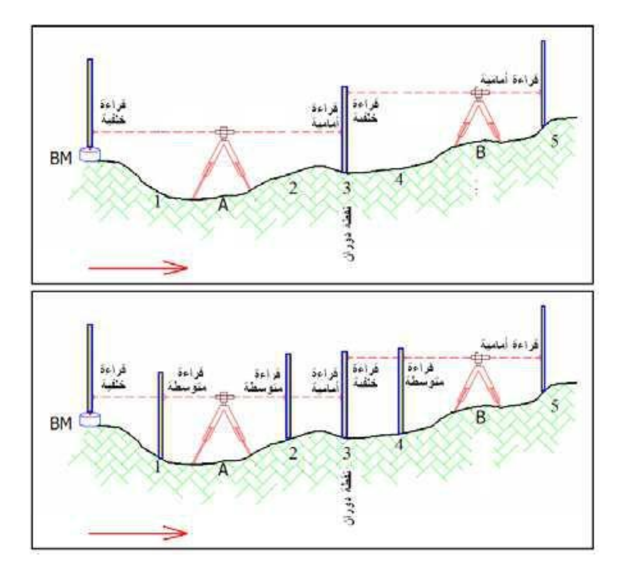
الميزانية الطولية و العرضية



الميزانية الطولية

عند إجراء الميزانية الطولية (وأيضا العرضية) يقف جهاز الميزان في عدد من النقاط ويكون هناك عدة أنواع من القراءات علي القامة:

1. القراءة الخلفية أو المؤخرة **Back Sight or BS:** أول قراءة تؤخذ علي القامة بعد تثبيت الميزان في أي نقطة.
2. القراءة الأمامية أو المقدمة **For Sight or FS:** آخر قراءة تؤخذ علي القامة قبل نقل الميزان إلي النقطة التالية.
3. القراءة المتوسطة **Intermediate Sight or IS:** كل قراءة تؤخذ علي القامة بين قراءتي الخلفية و الأمامية.
4. نقطة الدوران أو التحول **Turning point:** النقطة التي يؤخذ عندها علي القامة قراءة خلفية و قراءة أمامية.



خطوات الميزانية الطولية

يبدأ العمل الحقلي بوضع الميزان عند أي نقطة اختباريه بالقرب من الروبير أو**BM** (نقطة**A** في الشكل) بينما يتم وضع القامة الأولي أعلي الروبير والقامة الثانية بعد الميزان في الاتجاه المطلوب إجراء الميزانية الطولية خلاله (نقطة ٣ في الشكل). يفضل أن يكون وضع الميزان في منتصف المسافة (بقدر الإمكان) بين كلتا القامتين. يتم ضبط أفقية الميزان باستخدام مسامير التسوية كما يتم ضبط رأسية كل قامة من خلال ميزان التسوية الجانبي. يتم تسجيل القراءة علي القامة الخلفية في دفتر الأرصاد (أو في ذاكرة الجهاز) ، ثم يدور الميزان أفقيا ويتم التوجيه علي القامة الثانية (القامة الأمامية) وتسجيل قراءتها أيضا. تظل القامة الثانية (الأمامية) في مكانها بينما تتحرك القامة الأولي (التي كانت خلفية) إلي موقع جديد (النقطة ٥ في الشكل)، وينقل الميزان أيضا لموقعه الجديد (النقطة**B** في الشكل). يتم ضبط أفقية الميزان ورأسية كلتا القامتين ثم تسجيل القراءة علي القامة الخلفية ثم القامة الأمامية. أي أن النقطة ٣ (في الشكل) أصبحت نقطة دوران حيث تم رصدها مرة كقراءة أمامية (من الميزان عند**A**) ومرة كقراءة خلفية (من الميزان عند**B**). يتم تكرار هذه الخطوات طوال المحور الطولي (الخط المطلوب للميزانية) حتى تصل القامة الأمامية لتحتل نقطة الهدف الأخيرة في هذا المحور.

أيضا يمكن تنفيذ ميزانية عرضية– أثناء إجراء ميزانية طولية– من خلال تطبيق النقاط المتوسطة ، سواء باستخدام احدي القامتين الرئيستين أو باستخدام قامة ثالثة. أثناء وقوف الميزان عند النقطة علي محور الميزانية الطولية (نقطة**A** في الشكل) يتم وضع قامة عند النقطة علي القطاع العرضي المطلوب (نقطة ١ في الشكل) وتسجيل قراءتها في دفتر الأرصاد، ثم تنقل هذه القامة للنقطة ٢ (في الشكل) وتسجل قراءتها أيضا ليصبح لدينا قراءتين متوسطتين يحددا فرق ارتفاع كلتا نهايتي القطاع العرضي المطلوب.

٣-١-٥ الميزانية الشبكية

الهدف من الميزانية الشبكية هو تحديد مناسيب مجموعة من النقاط في منطقة جغرافية معينة ، أي أنها يمكن تخيلها أنها مجموعة من خطوط الميزانيات الطولية و العرضية التي تكون شبكة فيما بينها ومن هنا جاء اسم الميزانية الشبكية. من خلال قياس فروق المناسيب بين هذه النقاط يمكن رسم خريطة (أو خرائط) لتضاريس الأرض في هذه المنطقة لاستخدامها في حساب كميات الحفر أو الردم اللازمة لمشروع هندسي معين.

٣-١-٦ الميزانية الدقيقة

الميزانية الدقيقة**Precise Levelling** هي ميزانية طولية عادية إلا أنها تهدف للوصول لدقة عالية في قياس فروق المناسيب بين نقطتين مما يجعل لها مواصفات خاصة في الأجهزة المستخدمة و أسلوب العمل الحقلي وخطوات الحساب. تستخدم الميزانية الدقيقة في إنشاء علامات روبير**BM** جديدة لتكون أساسا لتنفيذ أعمال الميزانية في منطقة المشروع ، كما تستخدم أيضا في مراقبة وقياس هبوط المنشئات الهندسية الضخمة مثل السدود و القناطر.

يسمي جهاز الميزان المستخدم في الميزانية الدقيقة بالميزان الدقيق**Precise Level** وهو ميزان لا يختلف في شكله أو تصميمه عن الميزان البصري العادي إلا أنه يختلف عنه في المواصفات الفنية.



ميزان دقيق

٣-١-٧ الميزانية المثلثية

يعتمد هذا النوع من الميزانية علي قياس زاوية الارتفاع (أو الانخفاض) عن المستوي

الأفقي بين نقطتين لحساب فرق المنسوب بينهما. حيث أن الميزانية المثلثية هي ناتج حسابي لقياس زوايا فأن جهاز المستخدم فيها هو جهاز الثيودليت (أو جهاز المحطة الشاملة) وليس جهاز الميزان.

٣-٢ القياسات الزاوية باستخدام الثيودوليت

كما نري في الجزء السابق فأن جهاز الميزان (بكافة أنواعه) يقوم بقياس الارتفاعات

(البعد الثالث) فقط لأي نقطة في الطبيعة. و بالطبع لتحديد موقع هذه النقطة علي سطح الأرض

1. من ثم تمثيلها علي الخريطة يلزمنا تحديد البعدين (س و ص كما في ورقة الرسم البياني علي سبيل المثال) وهو الهدف الأساسي لجهاز الثيودوليت السابق الاشارة اليه في الفصل الثاني. ومع أن جهاز الثيودوليت يقوم بقياس الزوايا فقط إلا أنه يمكن من خلال المعادلات الرياضية حساب الاحداثيات من هذه الزوايا المقاسة بالإضافة الي قياس الأطوال سواء بالشريط أو بالقياس الالكتروني.

تتكون خطوات الرفع المساحي بالثيودوليت من نفس الخطوات الرئيسية كما في الرفع بالشريط أو الرفع بالبوصلة (إلا أنها تختلف في كيفية تنفيذ العمل المساحي):

الاستكشاف وعمل كروكي عام للمنطقة. ٢. اختيار و تثبيت نقاط المضلع الأساسي. ٣. قياسات المضلع الأساسي.

٤. الرفع التفصيلي للمعالم (التحشية). ٥. العمل المكتبي و الحسابات.

٦. رسم الخريطة.

٣-٣ الرفع المساحي التاكيومتري

كلمة "التاكيومتري" معناها القياس السريع ، والمساحة التاكيومترية هي المساحة التي

لا تعتمد علي القياس المباشر للكميات المطلوبة ، أو بمعني آخر فهي حساب - وليس قياس - المسافات و فروق الارتفاع ، أي بصورة غير مباشرة. تتميز المساحة التاكيومترية بسهولة وسرعة تنفيذ العمل الحقلي مقارنة بالطرق المساحية الأخرى (مثل قياس المسافات بالشريط أو

قياس فروق المناسيب بالميزانية)، إلا أن دقة المساحة التاكيومترية ليست عالية جدا ولذلك فهي لا تستخدم في الأعمال المساحية والهندسية التي تتطلب دقة عالية.

تعتمد المساحة التاكيومترية علي حساب المسافات الأفقية و الرأسية بين النقاط من خلال قياس الزاوية الرأسية عند موقع الجهاز و المسافة المقطوعة علي الهدف (غالبا قامة) وذلك من خلال ثلاثة شعرات أفقية مركبين داخل حامل شعرات جهاز الثيودليت. الأساس الرياضي للمساحة التاكيومترية هو تكوين مثلثات في المستوي الرأسي يمكن منها حساب المسافة الأفقية وفرق الارتفاع بين نقطتين. تجدر الإشارة إلي أن قياس (أو رصد) الزوايا الرأسية لمسافات طويلة يجعل خط النظر يتأثر بالانكسار الجوي الناتج عن التأثيرات المناخية وبالتالي فأن استخدام هذه الزوايا الرأسية في حسابات المثلث الرأسي لن يكون بدقة عالية ، وهذا أهم عيوب المساحة التاكيومترية. حيث أن كل أجهزة الثيودليت البصري الحديثة مجهزة بهذه الشعرات فأن أي جهاز ثيودوليت يصلح لاستخدامه في الرفع المساحي التاكيومتري. تستخدم المساحة التاكيومترية في عدد من المشروعات الهندسية مثل:

عمل خرائط كنتورية في الأراضي شديدة الوعورة حيث سيكون استخدام الميزانية صعب جدا و مكلف جدا.

الرفع المساحي للمناطق المتسعة والتي لا تتطلب دقة عالية.

التوقيع المبدئي للأعمال الهندسية (مثل الطرق والسكك الحديدية) في الطبيعة. حساب أطوال المضلعات (الترافرسات) كبديل عن استخدام الشريط في قياسها.

تعيين معدلات انحدار المشروعات الطولية (مثل الطرق والمجاري المائية) الممتدة لمسافات طويلة.

توجد عدة طرق مستخدمة في المساحة التاكيومترية مثل طريقة شعرات الاستاديا و

طريقة الظلال، كما توجد عدة أجهزة مستخدمة في المساحة التاكيومترية (خاصة الثيودوليت و المحطة الشاملة).

٣-٤ أجهزة المحطة الشاملة

يعد جهاز المحطة الشاملة أو المحطة المتكاملة **Total Station** أكثر الأجهزة المساحية استخداما و تكاملا ودقة في الوقت الراهن. يدل اسم الجهاز علي أنه يشمل داخله عدد من الأجهزة و الإمكانيات في إطار متكامل كجهاز واحد. و كما سبق الإشارة إلي أن الأجهزة المساحية قد تطورت في النصف الثاني من القرن العشرين الميلادي بصورة سريعة فقد تم ابتكار أجهزة قياس المسافات الكترونيا **EDM** لتصبح بديلا دقيقا و سريعا عن الشريط في قياس المسافات ، ثم تم ابتكار أجهزة الثيودليت الرقمي أو الالكتروني التي زادت من دقة قياس الزوايا الأفقية والرأسية وتجاوزت أخطاء الراصد في تسجيل القياسات يدويا ، ثم تلا ذلك ابتكار أجهزة المحطات الشاملة.



تطور الأجهزة المساحية

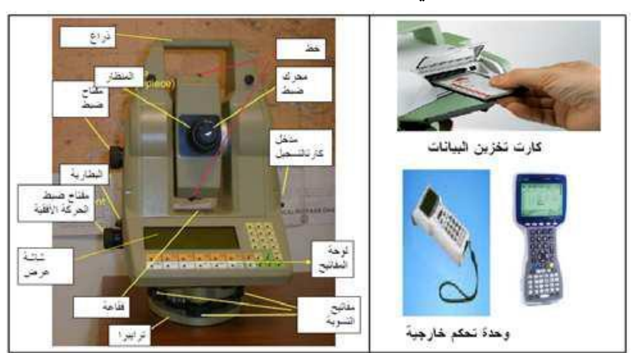
يتكون جهاز المحطة الشاملة من مجموعة من الأجهزة (تم جمعها في إطار واحد) تشمل:

١. جهاز ثيودوليت رقمي.

جهاز قياس المسافات الكترونيا**EDM.** ٣. ذاكرة الكترونية لتسجيل القياسات.

٤. وحدة كمبيوتر **micro-processor** لتشغيل البرامج الحسابية.

٥. أجهزة ملحقة مثل البطارية ومجموعة العواكس والحامل الثلاثي وكابل التوصيل بالكمبيوتر.



مثال لجهاز المحطة الشاملة

تتميز أجهزة المحطات الشاملة بالعديد من المميزات و المواصفات مثل:

الدقة في قياس الزوايا الأفقية والرأسية (قد تصل إلي ثانية واحدة). ٢. الدقة في قياس المسافات (عدة ملليمترات).

٣. الرصد لمسافات كبيرة (تتعدي كيلومترات).

٤. منظار له قوة تكبير عالية لإمكانية رصد المعالم البعيدة.

٥. تسمح وحدة الكمبيوتر بأداء الحسابات في الموقع والحصول علي الإحداثيات آنيا. ٦. إمكانية قياس المسافات بدون عاكس (بالليزر) لعدة مئات من الأمتار.

٧. سرعة في قياس المسافات الكترونيا (ثانية واحدة أو أقل).

.٨التحقق من أخطاء ضبط أفقية الجهاز وتعديلها (في حالة وجود موازن **Compensator** بالجهاز) أو تصحيح القياسات حسابيا.

٩. البطارية تمد الجهاز بالطاقة اللازمة لعدة ساعات.

١٠ .نظ ام ت شغيل مث ل النواف ذ**windows** ل سهولة العم ل (بع ض الأجه زة ت دعم اللغ ة العربية).

١١.ذاكرة تخزين كبيرة لتخزين القياسات بالجهاز (ذاكرة داخلية أو كارت تخزين).

١٢ . بعض الأجهزة تسمح بتوصيل وحدة تحكم خارجية**control unit** أو وحدة تجميع البيانات **Data Collector** لسهولة العمل.

١٣.سهولة نقل البيانات للكمبيوتر (من خلال كابل أو وحدة بلوتوث).

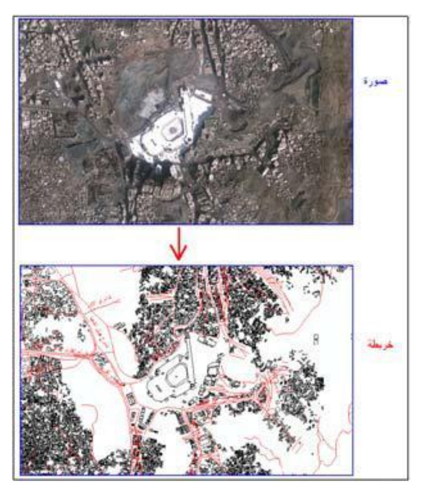
١٤.القدرة علي تحمل ظروف الطقس المختلفة في الموقع (حتى حرارة تصل ٥٠ درجة مئوية).

١٥.بعض الأجهزة بها كاميرا رقمية داخلية لتصوير مواقع الرصد كنوع من أنواع توثيق بيانات المشروع.

١٦.صغر الحجم و خفة الوزن مما يسهل التنقل بها بين المواقع المختلفة.

٣-٥ المساحة الجوية أو التصويرية

تم استنباط كلمة**Photogrammetry** في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي و هي كلمة من مقطعين:**Photo** بمعني صورة و**grammmetry** بمعني القياس ، وبذلك فأن هذه الكلمة تعني "القياس من الصور" ، وبالتالي فأن المساحة التصويرية أو المساحة الجوية **Photogrammetry** هي علم القياس من الصور.



المساحة التصويرية

٣-٥-١ تاريخ وأقسام المساحة التصويرية

عرف الإنسان فكرة التصوير بصفة عامة منذ فترة طويلة جدا (قبل الميلاد) إلا أن أول صورة فوتوغرافية بالمعني المعروف تم إنتاجها في فرنسا في عام ١٨٢٦ علي يد جوزيف نيبيس**Joeswph Niepce.** وفي عام ١٨٥٩ قام المهندس الفرنسي لويزداه**Laussedat** بعمل أول تجربة لالتقاط صور من الجو من خلال كاميرا موضوعة في منطاد (بالون) وعمل خرائط منها لأجزاء من مدينة باريس. وقد عرف لويزداه بأنه رائد علم المساحة التصويرية.

مع اختراع الطائرة علي يد الأخوان رايت**Wright** في عام ١٩٠٣ بدأت فكرة وضع الكاميرا في الطائرات بهدف رسم خريطة - لمنطقة كبيرة - من هذه الصور. وأخذت أول صورة من طائرة في احدي مناطق ايطاليا في عام ١٩٠٩. ومع بدء الحرب العالمية الأولي زادت أهمية التصوير الجوي**Aerial Photogrammetry** بهدف الاستطلاع و الأعمال المخابراتية لمواقع العدو ، لكن علم المساحة التصويرية قد تطور تقنيا بسرعة وزادت الحاجة إليه أثناء الحرب العالمية الثانية. مع اختراع الكمبيوتر في نهاية الخمسينات من القرن العشرين الميلادي قفز علم المساحة التصويرية خطوات واسعة في عمليات القياس من الصور الجوية ومن ثم إنتاج خرائط منها. كما طور المتخصصين في علم المساحة آلات تصوير (كاميرات)

توضع علي الأرض بغرض إنتاج الخرائط منها وهو ما عرف باسم المساحة التصويرية الأرضية **Terrestrial.**

Photogrammetry مع ظهور الأقمار الصناعية في ١٩٥٧ بدأ وضع كاميرات عالية الدقة بها لتصوير معالم سطح الأرض بقدرة وضوح عالية ومن ثم بدأ ظهور ما يمكن أن نطلق عليه فرع التصوير الفضائي**Satellite Photogrammetry** أو ما يعرف الأن باسم الاستشعار عن بعد**Remote Sensing.**



أنواع المساحة التصويرية

تستخدم المساحة التصويرية في العديد من التطبيقات تشمل علي سبيل المثال الآتي:

إنشاء الخرائط بدقة عالية و سرعة مناسبة.

إنشاء نماذج الارتفاعات الرقمية لتمثيل طبوغرافية سطح الأرض. دراسة تحركات المنشئات الضخمة مثل السدود و القناطر.

عمل الخرائط الجيولوجية ودراسات معالم سطح الأرض (الجيومورفولوجيا). إعداد المخططات و الخرائط الطبوغرافية.

حصر أنواع الزراعات و مساحتها ودراسة أنواع التربة. تخطيط المشروعات مثل الطرق و السكك الحديدية.

دراسات الموارد المائية ومصادر المياه. التطبيقات العسكرية و أعمال المخابرات.

للمساحة التصويرية العديد من المميزات التي تجعلها من أهم التطبيقات المساحية الحديثة ومنها:

الدقة العالية في إنتاج أو تحديث الخرائط التي تعادل دقة المساحة الأرضية في العديد من التطبيقات.

السرعة في إتمام العمل مقارنة بالوقت المستغرق في العمل الحقلي للمساحة الأرضية.

اتساع حجم التغطية للصور الملتقطة مما يؤدي لإنتاج خرائط لمناطق شاسعة في وقت زمني قليل.

التكلفة الاقتصادية المنخفضة.

الوصول لمناطق بعيدة يصعب الوصول إليها.

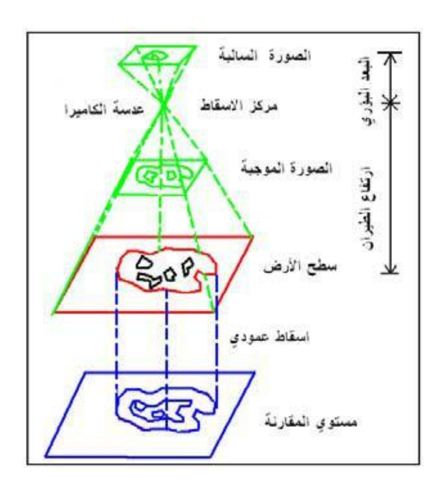
إمكانية التصوير الدوري لمتابعة انتشار ظاهرة معينة.

عدم التأثر بالظروف المناخية (إلا في وقت التصوير ذاته) طوال فترة المشروع.

٣-٥-٢ مبادئ التصوير الجوي

الصورة الجوية و الخريطة

الصورة الجوية هي قطاع ناتج من تقاطع مستوي مع حزمة من الأشعة صادرة من نقطة الهدف، أي أن الإسقاط للصور الجوية من نوع الإسقاط المركزي. بينما الخريطة قطاع أفقي ناتج من تقاطع مستوي مع أشعة إسقاط عمودية علي هذا المستوي، أي أن مسقط الخريطة هو إسقاط عمودي. من خلال أجهزة و طرق المساحة التصويرية يمكن تحديد الإحداثيات ثلاثية الأبعاد (س ، ص ، ع) لكل نقطة ظاهرة علي الصورة الجوية— بعد عمل عدة تصحيحات عليها - ومن ثم يمكن إنتاج الخرائط لهذه المنطقة الجغرافية. ويتم ذلك بأجهزة تسمي محطة العمل التصويرية**Photogrammetric Workstation.**



الصورة الجوية و الخريطة



جهاز محطة العمل التصويرية

أنواع الصور الجوية:

طبقا لوضع الكاميرا أثناء التصوير فهناك ثلاثة أنواع من الصور الجوية:

١- الصور الرأسية **Vertical Photographs**

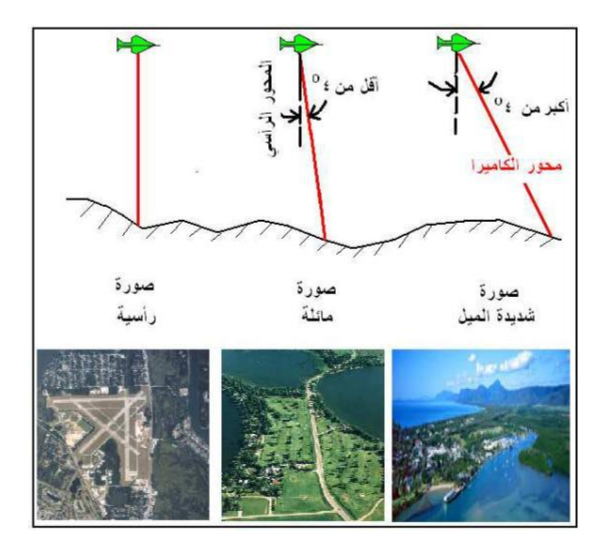
يكون بها محور الكاميرا عمودي علي سطح الأرض، وهذا هو نوع الصور الجوية المستخدم في إنتاج الخرائط حيث يكون مسقط الصورة أقرب ما يكون إلي المستوي أو المسقط الأفقي الذي تعتمد عليه الخرائط. تتميز الصور الرأسية بسهولة القياس منها وأيضا بسهولة تمييز المعالم بها لأنها تظهر بشكل يماثل الحقيقي في الطبيعة.

٢- الصور المائلة **Tilted Photographs**

يميل محور الكاميرا بها ميلا خفيفا (لا يتجاوز أربعة درجات) عن المحور الرأسي ، ويمكن تحويله في المعمل من خلال أجهزة خاصة إلي صور رأسية لاستخدامها في إنتاج الخرائط.

٣- الصور شديدة الميل أو الصور الميالة **Oblique Photographs**

حيث يميل محور الكاميرا ميلا كبيرا عن المحور الرأسي وغالبا يظهر خط الأفق في هذه النوعية من الصور الجوية. من مميزات الصور شديدة الميل أنها تغطي مساحة كبيرة من سطح الأرض إلا أن استخدامها الأساسي هو تفسير أنواع المعالم الجغرافية الظاهرة ولا تستخدم في إنتاج الخرائط.



أنواع الصور الجوية طبقا لوضع الكاميرا

٣-٥-٣ أجهزة التصوير الجوي

1. تختلف فكرة الكاميرا المستخدمة في التصوير الجوي كثيرا عن الكاميرا العادية إلا أنها تتميز بمواصفات تقنية عالية للوصول إلي دقة ووضوح عالي عند التقاط الصور. فيجب أن تتمتع كاميرات التصوير الجوي بالمواصفات التالية:

عدسة خالية من التشوه بأنواعه. قدرة عالية علي إظهار التفاصيل. استواء تام للفيلم طوال التصوير.

التحكم الدقيق في كمية الضوء الداخل للعدسة. تشغيل ألي بكفاءة كبيرة.

تسجيل المعلومات الأساسية علي الصورة نفسها (مثل ارتفاع الطيران ووقت التصوير ورقم الصورة وفقاعة التسوية).

تتكون كاميرا التصوير الجوي من الأجزاء الرئيسية التالية:

مجموعة العدسات و ملحقاتها:

تشمل المجموعة كلا من: العدسة (سواء عدسة بسيطة أو عدسة مركبة من مجموعة عدسات)، الحاجب الذي ينظم كمية الضوء المار بالعدسة ، الغالق الذي يتحكم في الفترة الزمنية التي يسمح للضوء فيها بالمرور خلال العدسة ، المرشح لزيادة درجة وضوح المعالم الأرضية.

مخروط الكاميرا:

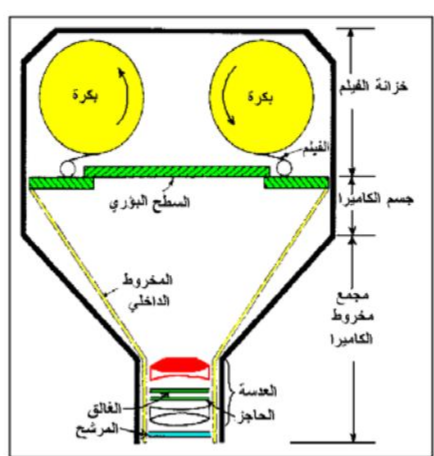
هو الجزء الذي يربط بين مجموعة العدسات ويجعلها علي مسافة معينة من اللوح السالي : كما أمه يمنع الضوء عن الفيلم أو اللوح السالب.

جسم الآلة:

يشمل الموتور و الأجزاء الميكانيكية و الكهربائية اللازمة لإدارة الكاميرا ، كما أنه الصلة بين المخروط و خزان (أو خزانة أو مخزن) الفيلم.

مخزن الفيلم:

يحتوي بكرتين لشريط الفيلم الحساس أحداهما تحتوي الفيلم الخام والأخرى للفيلم بعد أخذ الصور.





الكاميرا الجوية

توجد عدة أنواع من كاميرات التصوير الجوي مثل: (١) الكاميرا ذات العدسة الواحدة والتي تسمي أيضا كاميرا الخرائط أو الكاميرا المترية أو الكاميرا الكارتوجرافية وهي أكثر الأنواع استخداما في التصوير الجوي بهدف إنتاج الخرائط، (٢) الكاميرا متعددة العدسات والتي تكون بها كل عدسة مرتبطة بفيلم له حساسية لنوع معين من الضوء مما يسمح بالحصول علي
عده صور لنفس الهدف في عدة نطاقات من الطيف، (٣) كاميرا تصوير الشرائح لالتقاط الصور المستمرة، (٤) كاميرا التصوير البانورامية المستخدمة في الاستطلاع و الاستكشاف بحيث تغطي الصور من خط الأفق إلي خط الأفق العمودي علي اتجاه الطيران. .

.

الفيلم هو شريحة من البلاستيك المغطاة بطبقة من مادة نترات الفضة، وهي المادة التي تتميز بتأثرها أو حساسيتها للضوء طبقا لشدته. تنقسم الأفلام المستخدمة في التصوير الجوي إلي عدة أنواع تشمل:

الفيلم البانكروماتي: الفيلم العادي المستخدم في التصوير الأبيض و أسود ، وهو يتميز بسعره المنخفض.

الفيلم الأبيض و الأسود الحساس للأشعة تحت الحمراء: تمتد حساسية مادة الفيلم لتشمل بالإضافة للضوء المرئي الأشعة تحت الحمراء أيضا. تستخدم هذه النوعية من الأفلام

فى التعرف علي جودة و صحة النباتات حيث تظهر النباتات ذات الأوراق الممتلئة بالكلورفور تظهر بلون أبيض بينما النباتات المريضة تظهر بلون داكن.

الفيلم الملون العادي: حيث تظهر المعالم الطبيعية في الصورة بألوانها الطبيعية المعتادة ، وقديما

كان سعر الأفلام الملونة مرتفعا ولم تكن هذه الأفلام منتشرة بكثرة في تطبيقات التصوير الجوي إلا أنها أصبحت الآن أكثر استخداما.

الفيلم الملون الحساس للأشعة تحت الحمراء:وتسمي أيضا الأفلام الملونة الكاذبة حيث تظهر المعالم الخضراء بلون ازرق علي الصورة باستثناء النباتات كما تظهر المعالم الحمراء بلون اخضر علي الصورة وتظهر الأهداف التي لا تراها عين الإنسان (خارج نطاق الضوء المرئي) بلون أحمر علي الصورة. يستخدم هذا النوع من الأفلام في التطبيقات الزراعية لتحديد أنواع و أمراض النباتات.



أنواع الصور طبقا للأفلام المستخدمة

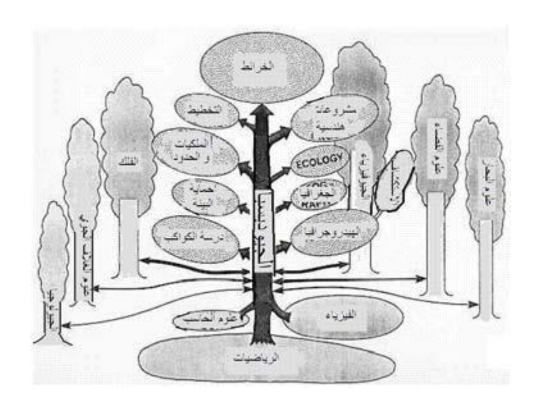
٣-٦ المساحة الجيوديسية

منذ أن خلق الله سبحانه و تعالي الإنسان وأنزله إلي الأرض كان التنقل من مكان إلي آخر والتعرف علي مواقع جديدة غريزة داخل النفس البشرية ، ومن هنا بدأت حاجة البشر لوسائل تمكنهم من السفر و الترحال بأمان دون أن يتيهوا في الصحراء و البيئة المحيطة. تمكن الإنسان في البداية أن يتخذ بعض الأماكن و الأجسام الأرضية الخاصة – مثل الجبال – كعلامات تمكنه من معرفة طريقه بالإضافة إلي مساعدة نهارية من الشمس و الظل ، وبالتالي أستطاع أن يسافر لعدة كيلومترات ويعود لموقعه الأصلي مرة أخري. ومن ذلك الوقت ظهر في القاموس البشري مصطلح جديد ألا و هو الملاحة **Navigation** وهي العملية التي بواسطتها يتنقل الإنسان بين موقعين والتي تساعده في معرفة موقعه في أي وقت. وفي المرحلة الثانية من المعرفة البشرية بدأ الاعتماد علي النجوم كعلامات مرجعية تمكن الإنسان من معرفة موقعه و اتجاهه أثناء السفر ليلا ، ومن ثم بدأ علم الفلك **Astronomy**. وعرفت الحضارات القديمة إقامة الفنارات **Lighthouses** منذ حوالي ألفي عام – و أشهرهم فنار الإسكندرية في مصر و فنار جزيرة رودس اليونانية - كعلامات ملاحية تعكس الضوء سواء ضوء الشمس نهارا أو ضوء مصدر آخر ليلا لإرشاد السفن المبحرة في البحار.

لاحقا بدأ الإنسان في تسجيل ملاحظاته الملاحية والطرق التي يسير فيها ومواقع تحركاته المتعددة في البيئة المحيطة به علي قطع من الورق (ورق البردي في الحضارة المصرية القديمة كمثال) لتظهر للوجود "الخرائط" **Maps**. وبالتزامن مع ظهور الخرائط بدأ ظهور علم المساحة **Surveying** وهو علم تحديد المواقع – بأبعاد ثلاثة – للمعالم الطبيعية و البشرية علي أو تحت سطح الأرض. وتعد مصر أول من استخدم علم المساحة بصورة موسعة منذ حوالي ١٤٠٠ عام قبل الميلاد وذلك في تحديد الملكيات الزراعية وحساب الضرائب المستحقة عليها. وفي المرحلة العلمية التالية تطور علم جديد ليكون أكثر تخصصا وتعمقا في عملية تحديد المواقع ألا و هو علم الجيوديسيا (أو الجيوديزيا) **Geodesy** والذي يعرفه هلمرت علي أنه: علم قياس و رسم سطح الأرض ، شاملا تعيين حقل الجاذبية الأرضية و أيضا تحديد أرضية المحيطات. إن كلمة جيوديسيا كلمة يونانية الأصل تتكون من مقطعين: جيو بمعني الأرض ، ديسيا بمعني القياس أي أن الكلمة تعني العلم المعني و المهتم بدراسة الأرض من حيث الشكل و القياس. ومن ثم أصبحت المساحة الجيوديسية **Geodetic Surveying** أحد مكونات علوم الهندسة المساحية والتي نحتاج إليها عندما نتعامل – قياسا أو رسما – مع مناطق كبيرة من سطح الأرض حيث لا يمكن إهمال تأثير كروية الأرض (مثلما الحال في فرع المساحة المستوية **Plan Surveying** عند قياس و رسم مساحات صغيرة من سطح

الأرض و نفترض للتسهيل أن الأرض يمكن تمثيلها كسطح مستوي في هذه المنطقة الصغيرة).

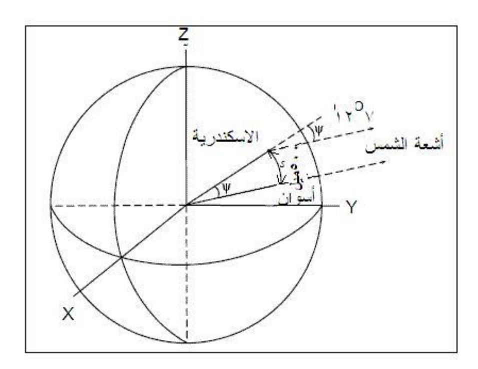
ويرتبط علم الجيوديسيا ارتباطا وثيقا بعدد كبير من العلوم الأخرى.



العلاقة بين علم الجيوديسيا والعلوم الأخرى

من أولي بدايات التفكير الإنساني في معرفة شكل و حجم الأرض تلك التجربة الرائدة

التي قام بها العالم الإغريقي أراتوستين**Eratosthenes** (٢٧٦-١٩٦ ق.م) والذي كان يـ شغل منصب أمين مكتبة الإسكندرية التي كانت تعتبر أرقي معهد علمي في العالم في ذلك الوقت (والتي سبق الاشارة اليها في الفصل الأول). لاحظ أراتوستين أن الشمس قي يوم ٢١ يونيو (حزيران) من كل عام تكون مرئية في مياه بئر بمدينة أسوان ، أي أنها تكون عمودية تماما في هذا الموقع ، وبعد ذلك أفترض أن الإسكندرية تقع إلي الشمال مباشرة من أسوان. ثم قام بقياس زاوية ميل أشعة الشمس عند الإسكندرية ووجدها ٧.٢ درجة ، وقدر أن هذا الجزء– بين الإسكندرية و أسوان– يعادل ١/٥٠ من الدائرة التي تمثل الأرض. وبعد ذلك قام بقياس المسافة بين كلا المدينتين فكانت حوالي ٥٠٠٠ أستاديا (وحدة قياس المسافات في ذلك الوقت) أي ما يعادل ٥٠٠ ميل أو ٨٠٠ كيلومتر، ومن ثم تمكن هذا العالم من حساب محيط الأرض (٥٠ ضعف المسافة المقاسة بين أسوان و الإسكندرية) ليكون في تقديره حوالي ٢٥٠٠٠ ميلا. ومن المذهل أن نعرف أن هذه التجربة الجيوديسية في ذلك الزمن البعيد و باستخدام آلات بدائية لم تكن بعيدة إلا قليلا عن طول محيط الأرض الذي نعرفه اليوم وهو ٢٤٩٠١ ميلا.



تجربة العالم أراتوستين لتقدير محيط الأرض

٣-٦-١ أقسام المساحة الجيوديسية

يمكن تقسيم علم الجيوديسيا إلي أربعة أقسام رئيسية:

(أ) الجيوديسيا الهندسية **Geometric Geodesy**

تختص بتحديد و حساب المواقع علي سطح الأرض و تحديد الخصائص الهندسية لشكل الأرض و إنشاء وتصميم وضبط شبكات الثوابت الأرضية. ربما يكون فرع الجيوديسيا الهندسية هو أكثر أقسام الجيوديسيا استخداما وشيوعا لدرجة تجعل البعض يظنه أنه هو علم الجيوديسيا ذاته.

(ب) الجيوديسيا الطبيعية أو الفيزيقية **Physical Geodesy**

تختص بتحديد مجال الجاذبية الأرضية والخصائص الطبيعية لسطح الأرض وتحديد الجيويد كمرجع للقياسات الرأسية.

(ج) جيوديسيا الأقمار الصناعية **Satellite Geodesy**

مع إطلاق الأقمار الصناعية بدأ هذا الفرع من فروع الجيوديسيا لتحديد المواقع ثلاثية الأبعاد **3D** للمواقع والشبكات علي سطح الأرض وكذلك دراسة مجال الجاذبية الأرضية من أرصاد الأقمار الصناعية.

(د) الجيوديسيا الحركية أو الديناميكية **Dynamic Geodesy**

يعد أحدث فروع الجيوديسيا و يتعامل مع الأرض علي أنها جسم متغير مع الزمن وليس جسما ثابتا في خصائصه سواء الهندسية أو الطبيعية، وفي هذا الفرع يتم متابعة و رصد التغيرات في المواقع علي سطح الأرض بمرور الزمن أي في صورة رباعية الأبعاد **4D** حيث يكون الزمن هو البعد الرابع بالإضافة للأبعاد الثلاثة المعروفة (س، ص، ع) مثل تطبيقات رصد أو هبوط المنشئات الضخمة مثل السدود والخزانات.

٣-٦-٢ شبكات المثلثات **Triangulation Networks**

بدأت الدول في إنشاء شبكات من نقاط الثوابت الأرضية وتحديد إحداثيات كل نقطة منها لتكون مرجعا أساسيا لكل أعمال المساحة و الخرائط في كل دولة. وكانت الشبكات الجيوديسية تغطي كل أرجاء الدولة أو علي الأقل الجزء المعمور منها، ولذلك تتميز الشبكات الجيوديسية

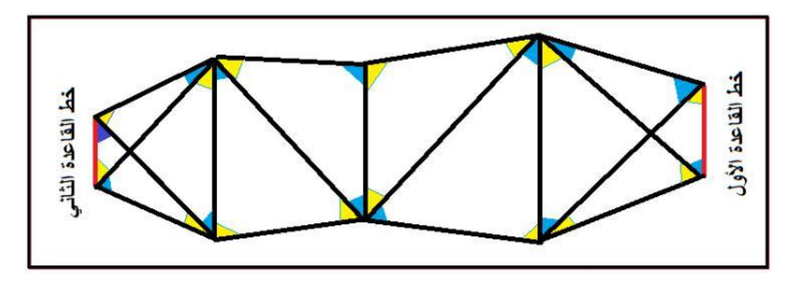
بالمسافات الكبيرة نسبيا بين كل نقطة و أخري. في بداية الأمر كانت الأجهزة المتاحة هي الثيودليت و الميزان والشريط، وحتى يمكن قياس الزوايا بين أضلاع هذه الشبكات فكانت النقاط توضع علي رؤوس الجبال و المناطق المرتفعة حتى يمكن رؤية كل نقطة بوضوح من النقطة أو النقاط الأخرى. ومن ثم لم يكن من المعقول استخدام أجهزة الميزان لقياس فرق المنسوب بين هذه النقاط الجبلية العالية. وبناءا علي تلك القيود فقد كان هناك نوعين من الشبكات الجيوديسية في كل دولة: (١) شبكات المثلثات أو الشبكات ثنائية الأبعاد وفيها يتم تحديد الإحداثيات الأفقية (خط الطول و دائرة العرض) لكل نقطة منهـا، (٢) شبكات الروبيرات والتي يتم فيها تحديد الارتفاع الرإسي (المنسوب) لكل نقطة. تجدر الإشارة إلي أن تقنيات الأقمار الصناعية الآن– مثل الجي بي أس– قد مكنتنا من إنشاء شبكات جيوديسية ثلاثية الأبعاد حيث يمكن قياس الإحداثيات الثلاثة (خط الطول و دائرة العرض و الارتفاع) لكل نقطة في الشبكة.

تعتمد شبكات المثلثات **Triangulation Networks** علي إنشاء نقاط تكون فيما بينها مثلثات يمكن رصد زواياه الداخلية باستخدام الثيودليت. ولحساب إحداثيات هذه النقاط يلزم تحديد أطوال و انحرافات أضلاع المثلثات (كما في الترافرسات). وحيث أن قياس أطوال أضلاع تصل إلي عشرات الكيلومترات لم يكن متاحا قديما، فقد كان يتم إنشاء خط أساسي في بداية الشبكة (يسمي خط القاعدة **Base Line**) ويتم قياس طوله بكل دقة وكذلك يتم تحديد انحرافه من خلال الأرصاد الفلكية، ثم يستخدم هذا الخط مع قياسات زوايا المثلث في حساب انحرافات وأطوال أضلاع باقي أضلاع الشبكة. وفي نهاية الشبكة يتم إنشاء خط قاعدة آخر (ويتم قياس طوله و انحرافه أيضا) بحيث يكون تحقيقا للحسابات وإمكانية تحديد أخطاء الشبكة (سواء في الرصد أو الحسابات) حتى يمكن ضبط الشبكة وضمان دقة الإحداثيات المحسوبة لنقاطها.

مع اختراع أجهزة قياس المسافات الكترونيا **EDM** أمكن قياس أطوال أضلاع الشبكة مما أدي لتطوير نوع آخر من الشبكات الجيوديسية مقاسة الأضلاع فقط **Trilateration Networks** ، وأيضا نوع ثالث يسمي الشبكات المزدوجة **Hybrid Networks** التي كان يقاس فيها الزوايا و أطوال الأضلاع معا. لكن دقة شبكات المثلثات كانت أعلي من دقة الـ شبكات المقاسة الأضلاع وان كانت الأخيرة أسهل و أسرع في العمل الحقلي.

أما حساب الإحداثيات المسقطة **Projected Coordinates** أو (س،ص) علـي الخرائط فكان يبدأ من نقطة تسمي نقطة الأساس **Laplace Station** ، وهي نقطة غالبا تكون أحد طرفي خط قاعدة وتقاس عندها إحداثياتها الفلكية (خط الطول ودائرة العرض) وكذلك انحراف خط القاعدة هذا. فعلي سبيل المثال فأن نقطة الأساس التي بنيت عليها شبكات المثلثات

في جمهورية مصر العربية كانت هي نقطة الزهراء**F1** والتي تقع فوق جبل المقطم بالقاهرة وكانت طرف من طرفي خط قاعدة سقارة.



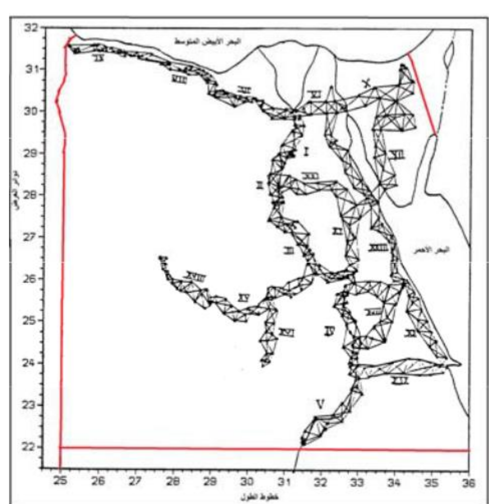
مثال لشبكات المثلثات

تقسم شبكات المثلثات من حيث دقتها إلي أربعة درجات و هي:

(أ) شبكات مثلثات الدرجة الأولي:

تسمى أيضا المثلثات الجيوديسية لأنها أدق أنواع المثلثات وتتراوح أطوال أضلاعها

- ين ٤٠ و ٥٠ كيلومتر في مصر بينما يؤخذ طول خط القاعدة في حدود ١٠ كيلومتر. والمثلثات الجيوديسية هي التي تبنى عليها باقي درجات المثلثات الأخرى ولذلك يجب مراعاة أقصى درجات الدقة في إجراء قياسات وحسابات هذا النوع من شبكات المثلثات. ويكون متوسط الخطأ المسموح به في قفل المثلث ١" بينما الحد الأقصى لقفل المثلث لا يزيد عن ٣"٠ وبالنسبة لقياس طول خط القاعدة فان الخطأ النسبي المسموح به لا يزيد عن ١: ١,٠٠٠,٠٠٠ ويتم رصد الزوايا بعدد ١٢ قوس باستخدام ثيودوليت دقة ١" حيث يكون الحد الأقصى للخطأ المسموح به في أي قوس لا يزيد عن ٢"٠ كما يجب ألا يزيد متوسط قفل الأفق لعدد ٨-١٢ قوس أقل من ٦"٠



شبكة المثلثات الجيوديسية (الدرجة الأولى) في مصر

(ب) شبكات مثلثات الدرجة الثانية:

ويتم إنشاؤها وربطها على الدرجة الأولى وهى أقل منها في الدقة وأطوال الأضلاع حيث تتراوح أطوال أضلاعها بين ١٠ و ٤٠ كيلومتر (بمتوسط ٢٥ كيلومتر) بينما يكون طول خط القاعدة في حدود ٢-٥ كيلومتر. ويكون متوسط الخطأ المسموح به في قفل المثلث ٣" بينما الحد الأقصى لقفل المثلث لا يزيد عن ٥"٠ وبالنسبة لقياس طول خط القاعدة فان الخطأ النسبي المسموح به لا يزيد عن ١: ٥٠٠,٠٠٠ ويتم رصد الزوايا بعدد ٨ أقواس باستخدام ثيودوليت دقة ١٠" حيث يكون الحد الأقصى للخطأ المسموح به في أي قوس لا يزيد عن ٦"٠ كما يجب ألا يزيد متوسط قفل الأفق لعدد ٦ أقواس أقل من ٢,٥ "٠

(ج) شبكات مثلثات الدرجة الثالثة:

ويتم إنشاؤها وربطها على الدرجة الأولى والثانية بغرض تقسيم المنطقة وتكثيف النقط.

وتتراوح أطوال أضلاعها بين ٥ و ٨ كيلومتر في الأرياف ، وبين ١ و ٣ كيلومتر في المدن.

1. يكون طول خط القاعدة في حدود ٠,٥ -٣ كيلومتر ويكون متوسط الخطأ المسموح به في قفل المثلث ٥" بينما الحد الأقصى لقفل المثلث لا يزيد عن ١٠"٠ وبالنسبة لقياس طول خط القاعدة فان الخطأ النسبي المسموح به لا يزيد عن ١: ٢٠٠,٠٠٠ ويتم رصد الزوايا بعدد ٤

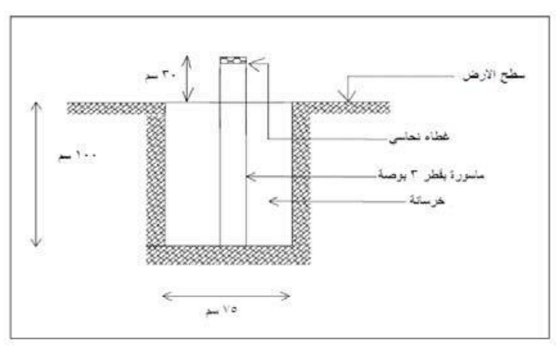
أقواس باستخدام ثيودوليت دقة ٢٠" حيث يكون الحد الأقصى للخطأ المسموح به في أي قوس لا يزيد عن ١٥"٠ كما يجب ألا يزيد متوسط قفل الأفق لعدد ٤ أقواس أقل من ٥ "٠

(د) شبكات مثلثات الدرجة الرابعة:

وتستعمل في الأراضي الجبلية أو عندما يراد إنشاء نقط مثلثات جديدة وتنشأ بالربط على الدرجة الثالثة. وهذا النوع من المثلثات هو أقل الدرجات دقة وتختار أطوال أضلاعها طبقا لظروف وطبيعة الأرض. وفى الأراضي المستوية نستعيض عن مثلثات الدرجة الرابعة بالترافرسات الدقيقة ويكون متوسط الخطأ المسموح به في قفل المثلث ١٢" بينما الحد الأقصى لقفل المثلث لا يزيد عن ٣٠"٠ وبالنسبة لقياس طول خط القاعدة فان الخطأ النسبي المسموح به لا يزيد عن ١: ١٠٠,٠٠٠ ويتم رصد الزوايا بعدد قوسين.

لإنشاء نقط المثلثات يتم بناء مواقع النقاط بعلامات خاصة تدل على النقطة وتساعد في سهولة الوصول اليها. وتختلف هذه العلامات طبقا لدرجة نقط المثلثات وطبيعة المكان المنشأة به، ومن هذه العلامات:

1. البراميل الخراسانية بقطر ٦٠ سم وارتفاع ١١٠ سم وتستخدم في نقاط مثلثات الدرجة الاولى.
2. القضبان الحديدية التي يتراوح طولها بين ١٥٠ ، ٢٠٠ سم بقطر ٤ بوصة ويظهر منها حوالي ١٠ سم فوق سطح الأرض ويمكن صب جزء حرساني حول قاعدتها لضمان ثباتها٠ ويستخدم هذا النوع في مثلثات الارياف.
3. قطع الخشب المربعة ١٥✕١٥ سم وبوسطها ثقب به مسمار نحاسي يحدد مركزها وتوضع أعلى أسطح المباني في المدن.



نموذج لبناء علامة مثلثات

٣-٦-٣ الجيوديسيا الطبيعية

يهدف فرع الجيوديسيا الطبيعية أو الفيزيقية **Physical Geodesy** لدراسة الخصائص الفيزيائية (وليست الهندسية) لشكل الأرض وخاصة خصائص مجال الجاذبية الأرضية وتأثيراته علي أعمال المساحة و إنشاء الخرائط.

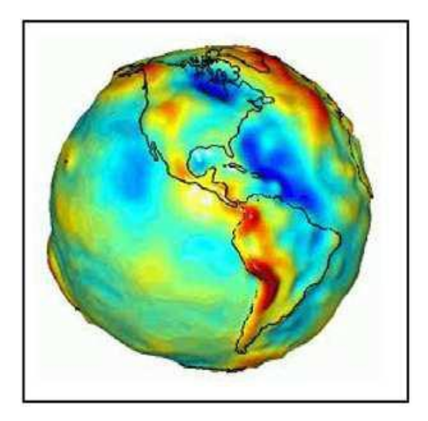
الجاذبية الأرضية

كوكب الأرض عبارة عن مجسم شبه كروي (سواء كرة أو اليبسويد) يوجد علي سطحه العديد من المعالم الطبيعية و البشرية، فلماذا لا تقع كل هذه الأشياء من علي سطح الأرض؟ السبب أن الخالق العظيم قد خلققوة تربط بين كل ما علي سطح الأرض تجعلهم جميعا منجذبين لهذا الكوكب ولا يتناثرون منه إلي الفضاء الخارجي. هذه القوة– التي هي من أسباب الحياة علي الأرض– هي المعروفة باسم الجاذبية الأرضية أو التثاقلية الأرضية. أما عن سبب وجود هذه القوة فيرجع إلي ما أكتشفه العالم الكبير اسحق نيوتن من أن أي جسمين بينهما قوة

1. ذب متبادل تعتمد علي كتلة كلا الجسمين و المسافة بينهما. فأنت تجذب الأرض و الأرض تجذبك أيضا، لكن بما أن كتلة جسمك لا تقارن بكتلة الأرض ذاتها فأن تأثير جذب الأرض هو

الأقوى وهو المؤثر عليك. وحيث أن الأرض ما هي إلا كوكب من مكونات المجموعة الشمسية التي تضم العديد من الكواكب الأخرى و النجوم فأن هناك قوة جذب أخري بين الأرض وهذه الأجسام السماوية و خاصة الشمس و القمر.

إن كانت الأرض كرة تامة الاستدارة (حيث نصف قطرها يساوي ٦٣٧٠ كيلومترا) كان توزيع المواد والكثافات داخل باطن الأرض توزيعا منتظما فان قوي الجاذبية ستكون متساوية في أي جزء من سطح الأرض، وقد قدرها العلماء بقيمة ٨٢.٩ متر/ثانية٢. لكن لأن الأرض ليست كرة تامة (وإنما الييسويد) وأيضا تختلف كثافات موادها تحت السطح فأن الجاذبية الأرضية لن تكون متساوية للأرض بأكملها، فهي تبلغ ٧٨.٩ متر/ثانية٢عند خط الاستواء و تبلغ ٨٣.٩ متر/ثانية٢عند القطبين. أي أن قيمة الجاذبية الأرضية تكون أكبر عند
القطبين منها عند خط الاستواء ويرجع السبب في ذلك إلي أن سطح الأرض عند القطبين يكون أقرب لمركز الأرض بينما يكون أبعد من مركز الأرض عند خط الاستواء، أي أن الجاذبية الأرضية تزيد مع زيادة دوائر العرض. ومن هنا فيجب قياس قيم الجاذبية الأرضية عند منطقة العمل المطلوبة من سطح الأرض.



عدم انتظام شكل الأرض ومجال جاذبيتها

ترجع أهمية قياسات الجاذبية الأرضية في تطبيقات المساحة إلي أن العمل المساحي الحقلي الذي يتم علي سطح الأرض يكون تحت تأثير هذه القوة. فعندما نضبط أفقية أي جهاز
مساحى (ميزان أو ثيودوليت أو محطة شاملة) فأن الجهاز يصبح عمودي علي اتجاه قوة الجاذبية الأرضية، وهكذا في النقطة التالية ثم النقطة التالية وهكذا. لكن اتجاه الجاذبية الأرضية عند أي نقطة ليس موازيا لاتجاهها عند النقطة التالية (لأن اتجاهات قوي الجاذبية تتجه نحو مركز الأرض) وبالتالي يكون هناك تأثيرا للجاذبية الأرضية علي كل القياسات المساحية التي

تتم علي سطح الأرض و يجب أخذ هذا التأثير في الاعتبار و الحسابات للوصول الي الدقة المطلوبة.

تقاس قيم الجاذبية الأرضية بوحدة رئيسية تسمي "جال**Gal**" حيث:

1. جال**=** ١ **/** ١٠٠ متر**/**ثانية٢ وتتفرع منها وحدات فرعية منها:

مللي جال**mGal** **=** جزء من ألف من الجال، أي**=** جزء من مائة ألف متر**/**ثانية٢. ميكرو جال**µGal** **=** جزء من مليون من الجال، أي**=** جزء من مائة مليون متر**/**ثانية٢. بمعني إذا قلنا أن الجاذبية الأرضية المتوسط للأرض**=** ٩.٨٢ متر**/**ثانية٢، فهي تساوي ٩٨٢ جال، أو ٩٨٢٠٠٠ مللي جال.

أجهزة قياس الجاذبية الأرضية

تنقسم أجهزة قياس الجاذبية الأرضية إلي مجموعتين:

(١) أجهزة قياس الجاذبية المطلقة**Absolute Gravity Meters**

أجهزة تقيس قيمة الجاذبية عند نقطة محددة. وهي أجهزة ذات مواصفات تقنية عالية وبالتالي فأن سعرها باهظ للغاية، كما أنها تحتاج لتدريب كبير جدا وعدد آخر من المعدات المتصلة بها أثناء إجراء القياسات والتي قد تستمر لمدة ٢٤-٤٨ ساعة للنقطة الواحدة. ولذلك فأن عدد أجهزة قياس الجاذبية المطلقة يعد عددا بسيطا في العالم و لا تمتلك هذه الأجهزة إلا الجهات العالمية المتخصصة في الجاذبية الأرضية مثل هيئة المساحة الأمريكية مثلا. تصل دقة قياس الجاذبية المطلقة إلي ٠.١ ميكرو جال أو ما يعادل ٠.٠٠٠١ مللي جال.

(٢) أجهزة قياس الجاذبية النسبية**Relative Gravity Meters**

أجهزة تقيس فرق الجاذبية بين نقطتين (مثل الميزان الذي يقيس فرق المنسوب بين نقطتين لكنه لا يقيس منسوب النقطة ذاته). هذه المجموعة من الأجهزة هي الأرخص و الأشهر والمتوافرة بكثرة حول العالم، ومن أشهر الشركات المصنعة لها شركات **LaCoaste and Romberg** الأمريكية و شركة**Scintrex** الكندية. تتراوح دقة قياس الجاذبية النسبية بين ٠.٠١ و ٠.٠٠١ مللي جال أو ما يعادل ١٠ ، ١ ميكرو جال علي الترتيب.



أجهزة قياس الجاذبية الأرضية

الفصل الرابع

التقنيات المساحية الحديثة

يتناول هذا الفصل التقنيات الحديثة المستخدمة في مجال المساحة و خاصة النظام العالمي لتحديد المواقع و الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية و الطائرات بدون طيار.

الأهداف التعليمية:

بنهاية هذا الفصل يكون الطلاب قادرين علي فهم:

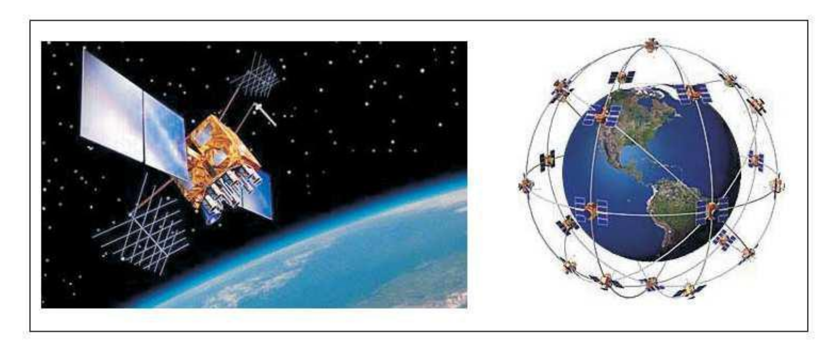
١. النظام العالمي لتحديد المواقع

أقسام النظام العالمي لتحديد المواقع ٣. تطبيقات النظام العالمي لتحديد المواقع ٤. تقنية الاستشعار عن بعد ٥. أسس الاستشعار عن بعد ٦. تطبيقات الاستشعار عن بعد ٧. نظم المعلومات الجغرافية

٨. مكونات نظم المعلومات الجغرافية ٩. تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية ١٠ . أنواع الطائرات بدون طيار ١١. تطبيقات الطائرات بدون طيار

٤-١ النظام العالمي لتحديد المواقع

يقدم النظام العالمي لتحديد المواقع**Global Positioning System** أو اختصارا **GPS** للمستخدمين امكانية تحديد المواقع علي الأرض و في البحر و في الهواء من خلال الاعتماد علي الأقمار الصناعية و أجهزة استقبال خاصة. و تعتمد هذه التكنولوجيا علي وجود ٢٤ قمر صناعي تابعين لوزارة الدفاع الأمريكية يدورن حول الأرض و يقدمون هذه الخدمة لكل أرجاء الأرض ٢٤ ساعة يوميا في مختلف الظروف المناخية.



تستفيد كل التطبيقات التي تعتمد علي تحديد المواقع من تكنولوجيا النظام العالمي لتحديد المواقع في كل دول العالم حيث أنها تقوم بتحديد المواقع (الاحداثيات) لأي معلم أو ظاهرة مكانية علي الأرض بدقة عالية تصل الي عدة أمتار بهدف الملاحة و الخرائط و تجميع البيانات المكانية و أيضا في الأعمال الهندسية حيث يمكن أن تصل دقة تحديد المواقع الي المليمترات.

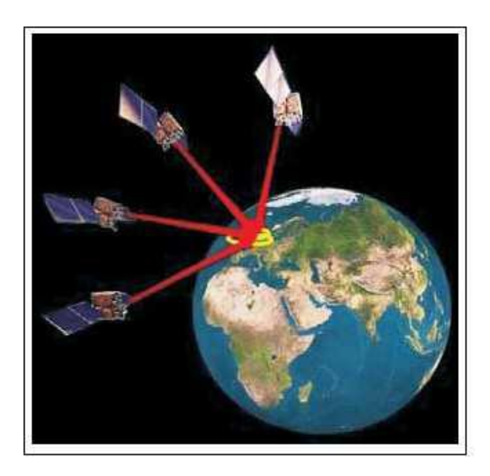
هل تعلم أنك تستخدم النظام العالمي لتحديد المواقع بصفة يومية؟ نعم ! فأنت باستخدامك برامج و تطبيقات الخرائط علي هاتفك المحمول فأن هاتفك بداخله شريحة الكترونية تقوم باستقبال اشارات الأقمار الصناعية للنظام العالمي لتحديد المواقع (شريحة**GPS**) و منها تحسب احداثيات موقعك الحالي و تظهره لك كنقطة أو دائرة صغيرة علي شاشة الهاتف. و عندما تريد الذهاب الي مكان محدد و تريد من الهاتف ارشادك لأقصر طريق فأنه يعتمد علي بيانات موقعك في كل لحظة من خلال هذه الشريحة و كلما تحركت كلما تغير موقعك و تغير مكان الدائرة علي الشاشة ليمكنك السير في الاتجاه السليم للوصول الي الهدف المطلوب.



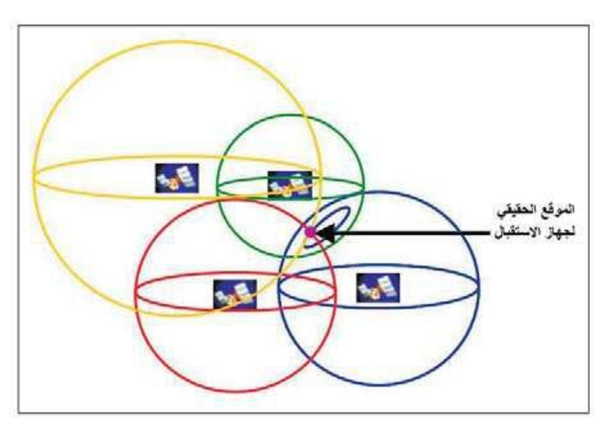
<u>٤-١-١ مبدأ عمل النظام العالمي لتحديد المواقع</u>

يقوم كل قمر صناعي في منظومة النظام العالمي لتحديد المواقع بإرسال بيانات الموقع

1. الزمن الي أجهزة الاستقبال (أجهزة خاصة أو الشريحة داخل الهاتف). يقوم جهاز الاستقبال باستقبال الاشارات من عدد أربعة أقمار صناعية علي الأقل و من ثم يمكنه حساب الموقع أو الاحداثيات (دائرة العرض**latitude** و خط الطول **longitude**) و الارتفاع أيضا.

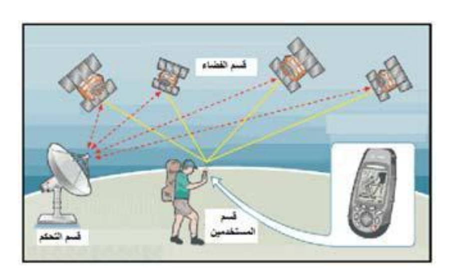


يتكون النظام العالمي لتحديد المواقع بصورة رئيسية من عدد ٢٤ قمر صناعي يدورون حول الأرض في مدارات محددة، وهذا يضمن وجود ٤ أقمار صناعية في نفس اللحظة في أي مكان علي سطح الأرض. يرسل كل فقمر صناعي بيانات بالراديو الي جهاز الاستقبال بحيث أن الجهاز يمكنه حساب المسافة بين موضعه علي الأرض و القمر الصناعي.و يمكننا تخيل ذلك كما لو رسمنا دائرة مركزها جهاز الاستقبال و نصف قطرها يساوي المسافة بين الجهاز و القمر الصناعي، بحيث أن موضع الجهاز (غير المعلوم) قد يكون واقعا في أي مكان علي محيط هذه الدائرة. فإذا توافر للجهاز استقبال اشارات من قمر صناعي ثاني فستكون هناك دائرة أخري، و يكون موضع الجهاز في المنطقة الواقعة بيم تقاطع هاتين الدائرتين. و هكذا فأنه في حالة استقبال اشارات ٤ من الأقمار الصناعية فسيكون تقاطع الدوائر الأربعة في نقطة محددة و هي التي تحدد الموضع الدقيق لجهاز الاستقبال و من ثم يتم حساب احداثياته. وحيث أن تصميم مدارات الأقمار الصناعية لنظام العالمي لتحديد المواقع يضمن وجود ٤ أقمار صناعية متاحة للرصد في أي مكان علي الأرض و طوال ٢٤ ساعة يوميا، فهذا هو السبب وراء الاستفادة من هذا النظام في أي بقعة علي الأرض و في أي وقت. وهذه هي الفكرة الأساسية لمبدأ عمل النظام العالمي لتحديد المواقع.



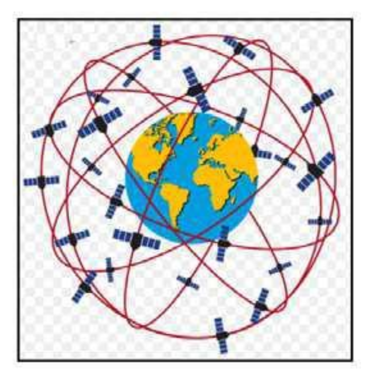
٤-١-٢ أقسام النظام العالمي لتحديد المواقع

يتكون النظام العالمي لتحديد المواقع من ثلاثة مكونات أساسية و هي: قسم الفضاء، قسم التحكم، و قسم المستخدمين.



(أ) قسم الفضاء:

يتكون قسم الفضاء **Space Segment** للنظام العالمي لتحديد المواقع من ٢٤ قمر صناعي تدور حول الأرض. وهذه الأقمار الصناعية موزعة علي ٦ مدارات علي ارتفاع ٢٠،٢٠٠ كيلومتر فوق سطح الأرض. و كل قمر صناعي يحتوي أربعة ساعات ذرية و معالج الكتروني للحسابات.



(ب) قسم التحكم:

يتكون قسم التحكم **Control Segment** من ٥ محطات مراقبة حول العالم وظيفتها مراقبة حركة الأقمار الصناعية في الفضاء و قياس كفاءة عملها بالإضافة الي ارسال أية تصحيحات أو أوامر لها. ومن هذه المحطات الخمسة تعد محطة كولورادو هي محطة التحكم الرئيسية في النظام العالمي لتحديد المواقع. و كل هذه المحطات تدار بواسطة وزارة الدفاع الأمريكية المسئولة عن النظام العالمي لتحديد المواقع.



(ت) قسم المستخدمين:

قسم المستخدمين **User Segment** في النظام العالمي لتحديد المواقع هو كافة أنواع أجهزة الاستقبال **Receivers** التي تستقبل اشارات الأقمار الصناعية و تستفيد منها في كافة التطبيقات.

٤-١-٣ تطبيقات النظام العالمي لتحديد المواقع

تتميز تكنولوجيا النظام العالمي لتحديد المواقع بالعديد من المميزات التي ساعدت علي انتشارها بصورة لم يسبق لها مثيل ومنها:

1. متاح طوال ٢٤ ساعة يوميا ليلا و نهارا وعلي مدار العام كله.
2. يغطي جميع أنحاء الأرض.

- لا يتأثر بأية ظروف مناخية مثل درجات الحرارة و المطر و الرطوبة والرعد و الرق و العواصف.

1. الدقة العالية في تحديد المواقع لدرجة تصل إلي ملليمترات في بعض التطبيقات.
2. الوفرة الاقتصادية بحيث أن تكلفة استخدام هذه التكنولوجيا تقل بنسبة أكبر من ٢٥% بالمقارنة بأي نظام ملاحي أرضي أو فضائي آخر.
3. لا يحتاج لخبرة تقنية متخصصة لتشغيل أجهزة الاستقبال (وخاصة المحمولة يدويا). بناءا علي هذه المميزات زاد

استخدام النظام العالمي لتحديد المواقع في السنوات

الأخيرة في مجال كبير من التطبيقات المدنية ومنها علي سبيل المثال:

1. تحديد المواقع أثناء الملاحة البرية بالسيارات و البحرية بالسفن و الجوية بالطائرات.
2. الأعمال الهندسية علي الأرض مثل الطرق و الكباري و السكك الحديدية.
3. مراقبة حركة المرور في المدن.
4. أعمال المساحة و القياسات علي سطح الأرض.
5. إنتاج الخرائط الطبوغرافية و الخرائط التفصيلية.
6. مشروعات البنية التحتية مثل شبكات المياه و الصرف الصحي و الكهرباء.
7. التحكم في المعدات الزراعية أثناء تسوية الأرض.
8. تجمع البيانات المكانية للأراضي الزراعية و محاصيلها المختلفة.
9. القياسات البحرية و تطوير الخرائط البحرية و النهرية.
10. تثبيت و توثيق مواقع العلامات الحدودية بين الدول.

٤-١-٤ نظم عالمية أخري لتحديد المواقع

لايعد النظام العالمي لتحديد المواقع**GPS** (الأمريكي) هو النظام الملاحي الوحيد المتوافر حاليا لتحديد المواقع باستخدام الأقمار الصناعية، فتوجد عدة نظم شبيهه وتشمل النظام الروسي و النظام الصيني و النظام الأوروبي. و تجدر الاشارة الي أن النظامين الروسي و الصيني أصبحوا مكتملين فعلا بينما النظام الأوروبي علي وشك الاكتمال.

(أ) النظام الروسي جلوناس.

تتشابه بدايات النظام الروسي للملاحة بالأقمار الصناعية المعروف باسم جلوناس **GLONASS** مع بدايات**GPS** من حيث أنه نظام عسكري بدأ التفكير بتطويره في
السبعينات من القرن العشرين أثناء فترة الحرب الباردة بين الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتي السابق (روسيا الآن). كما أنه أيضا يدار بواسطة وزارة الدفاع. و يتكون نظام جلوناس– رسميا– من ٢١ قمرا صناعيا موزعة في ٣ مدارات حول سطح الأرض بحيث يكمل كل قمر دورة حول الأرض كل ١١ ساعة و ١٥ دقيقة. (ب) النظام الصيني بيدو:

بدأ نظام بيدو**BeDiou** (أو البوصلة) كنظام ملاحي يهدف لتغطية الصين فقط ، إلا أنه تطور لاحقا بهدف تحقيق تغطية إقليمية ثم الوصول بعد ذلك إلي التغطية العالمية. يتكون النظام من ٥ أقمار صناعية ثابتة المدار بالإضافة إلي ٣٠ قمرا صناعيا متوسطة المدار موزعين في ٦ مدارات علي ارتفاع ٢١٥٠٠ كيلومتر من سطح الأرض. و قد اكتمل هذا النظام في عام ٢٠٢٠.

(ت) النظام الأوروبي جاليليو:

بنهاية القرن العشرين تم اقتراح إقامة نظام جاليليو كمشروع مشترك بين الاتحاد الأوروبي و وكالة الفضاء الأوروبية كبديل مدني تديره جهة مدنية بعكس وزارتي الدفاع اللتين تديران كلا من النظامين الأمريكي و الروسي. بدأت مرحلة تطوير النظام الأوروبي المسمي جاليليو**Galileo** في عام ٢٠٠١ ومن المتوقع اكتمال النظام في العام القادم. و يتكون نظام جاليليو من ٣٠ قمر صناعي (٢٧ قمر عامل**+** ٣ أقمار احتياطية) موزعين في ثلاثة مدارات، بحيث يكمل كل قمر دورة حول الأرض كل ١٤ ساعة و ٧ دقائق.

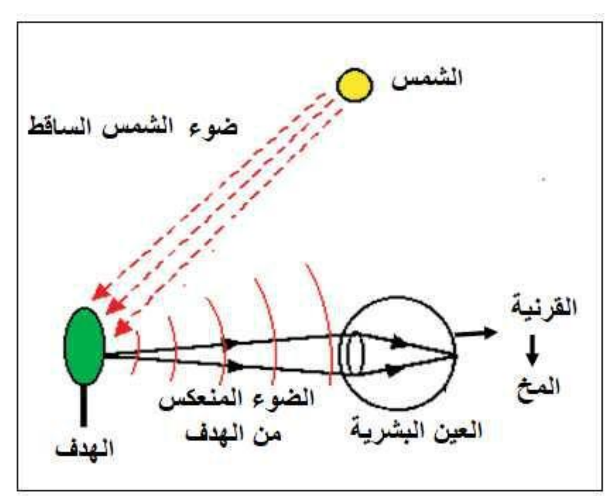
٤-٢ الاستشعار عن بعد

يشعر الانسان بالعالم من حوله من خلال الحواس الخمسة، فنحن نعرف الفرق بين الأشياء من حولنا من خلال البصر والسمع واللمس ... الأشياء فعليا و من هنا يمكن القول أننا نؤدي "استشعارا عن بعد" طوال الوقت. فمن بين الحواس الخمسة (البصر

1. السمع و التذوق و اللمس و الرائحة) يمكننا أن نقول أن ثلاثة حواس منهم تؤدي عملها "عن بعد" حيث يكون الهدف المطلوب أو مصدر المعلومات بعيدا عن الانسان بمسافة و ليس ملامسا له. و تؤدي حاستين فقط (اللمس و التذوق) عملهما من خلال الاحتكاك أو التلامس المباشر مع الهدف المطلوب. وكمثال آخر فأن الحديث التليفوني يمكن اعتباره استشعارا عن بعد أيضا فنحن نتلقى المعلومات عبر التليفون أي عن بعد.

يرجع الاستشعار عن بعد **Remote Sensing** بصورة مبسطة الي عملية ملاحظة

تلقي و تسجيل معلومات عن هدف بعيد دون الاحتكاك المباشر معه. وفي هذه العملية فأن المستشعر أو جهاز الاستشعار **Sensor** لا يلامس فعليا الهدف أو الظاهرة التي يتم ملاحظتها. وتحتاج المعلومات التي نحصل عليها الي وسيلة أو وسيط أو أو موجة حاملة لتنتقل من الهدف/الظاهرة الي المستفيد. وعادة يتم استخدام الاشعاع الكهرومغناطيسي كموجة حاملة للمعلومات في الاستشعار عن بعد. وأبسط مثال لشرح و تعريف عملية الاستشعار عن بعد هو الرؤية البصرية للإنسان: فهناك ضوء الشمس الذي يسقط علي الهدف "البعيد" ثم ينعكس الي المستشعر أو جهاز الاستشعار وهو عين الانسان والتي تقوم بدورها بإرسال هذه المعلومات الي معالج (المخ البشري) الذي يقوم بتسجيل و تفسير هذه المعلومات عن هذا الهدف البعيد.



تحاكي تكنولوجيا الاستشعار عن بعد عملية الابصار البشري و لكن باستخدام الأجهزة الالكترونية. أي أن تقنية الاستشعار عن بعد تستخدم لإنشاء الخرائط دون الاحتكاك أو التلامس الفعلي مع الظاهرات المكانية الموجودة علي سطح الأرض. وهذه التقنية تعتمد علي الحصول

علي البيانات اما باستخدام الطائرات أو الأقمار الصناعية. أي أننا يمكننا تعريف الاستشعار عن

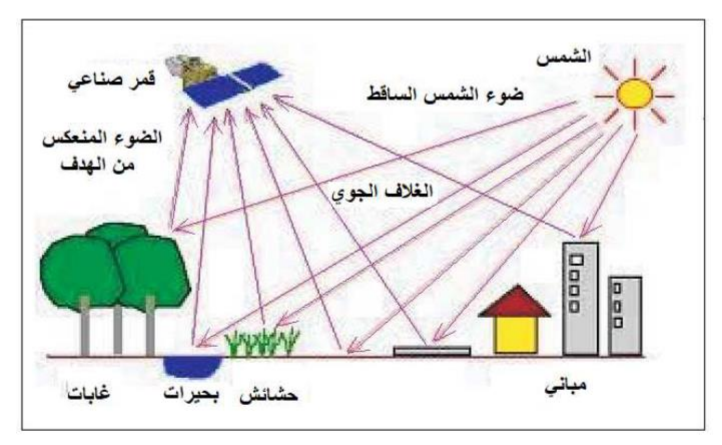
بعد بصورة مبسطة بأنه علم الحصول علي معلومات عن أهداف أو ظاهرات مكانية دون

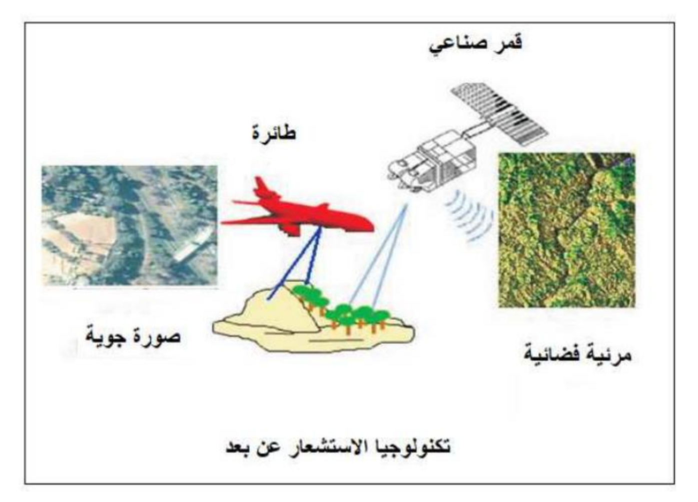
الاحتكاك الفعلي بها.

تعريف الاستشعار عن بعد:

الاستشعار عن بعد (و يسمي أيضا التحسس النائي) هو التكنولوجيا/التقنية المستخدمة في تجميع و تحليل بيانات سطح الأرض من مسافة بعيدة. وهذه المسافة قد تكون أمتارا من

سطح الأرض أو مئات أو آلاف الأمتار باستخدام الطائرات أو مئات الكيلومترات باستخدام الأقمار الصناعية. و يتم تجميع هذه البيانات باستخدام أجهزة الكترونية مثل الكاميرات و المستشعرات.



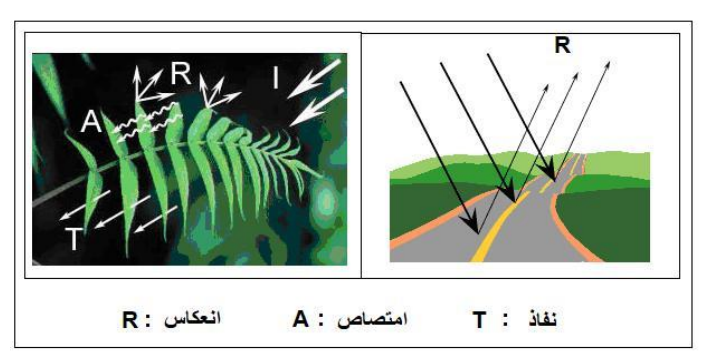


٤-٢-١ أسس الاستشعار عن بعد

يصدر الضوء من الشمس كمصدر طبيعي أو من أية أجهزة أو مصادر أخري للطاقة.

ويقع هذا الضوء علي سطح الأرض ليضيئه و يصطدم به ثم ينكسر أو يرتد منه الي أعيننا. ومن ثم فأن الشمس تقدم لنا مصدر الطاقة في عملية الاستشعار عن بعد. وعندما يسقط الاشعاع الشمسي علي سطح الأرض فأن هناك ثلاثة احتمالات أو ثلاثة حالات: الامتصاص

Absorption (A) أي أن سطح الأرض يمتص هذا الضوء، النفاذ **Transmission (T)** أي أن الضوء الساقط ينفذ من سطح الأرض، الانعكاس**Reflection (R)** أي أن الضوء الساقط ينعكس مرة أخري. و كل هدف أو ظاهرة مكانية يتعامل مع الضوء الساقط بطريقة معينة بحيث تختلف نسبة الامتصاص و النفاذ و الانعكاس من هدف الي آخر بناءا علي طبيعة و حالة كل هدف أو ظاهرة.



دعونا نسأل أنفسنا سؤالا بسيطا: في الصورة التالية لماذا تبدو الزهرة باللون الأحمر بينما تبدو أوراق النبات حولها باللون الأخضر؟ ان لون أي هدف أو ظاهرة مكانية يتم تحديده من خلال الطاقة التي يعكسها. فكما سبق القول فأن الشمس هي مصدر الطاقة الكهرومغناطيسية التي تقع علي الأرض ثم تنعكس مرة أخري، وهذه الطاقة المنعكسة هي التي تحدد لون هذا الهدف. ويعتمد الانعكاس علي طبيعة هذا الهدف و مكوناته الكيميائية و الفيزيائية. ومن ثم فأن الأهداف المختلفة يكون لها طبيعة انعكاس مختلفة وهذا هو ما يميز الفرق بين الألوان للظاهرات الموجودة علي سطح الأرض. ففي الصورة السابقة فأن الوردة تعكس اللون الأحمر أو الضوء الأحمر من مكونات ضوء الشمس و من ثم تظهر لنا حمراء، بينما أوراق النبات تعكس اللون الأخضر من مكونات ضوء الشمس و تظهر لنا خضراء. و بالمثل فأن المياه في البحار و الأنهار تعكس اللون الأزرق أو الضوء الأزرق من مكونات ضوء الشمس فتظهر لنا زرقاء. أما اذا عكست ظاهرة كل مكونات ضوء الشمس فستظهر لنا هذه الظاهرة بيضاء.



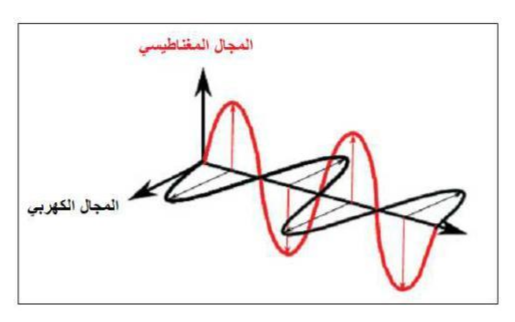
٤-٢-٢ الطاقة الكهرومغناطيسية

بصورة عامة في الاستشعار عن بعد فأننا نستخدم الشمس كمصدر للطاقة. ان الطاقة

المنبعثة من الشمس لها مجالين: مجال مغناطيسي و مجال كهربي، ولذلك نسميها الطاقة الكهرومغناطيسية

Electromagnetic Energy. وهذين المجالين متعامدين علي بعضهما البعض. وحيث أن هذه الطاقة تسير في شكل أمواج

فنسميها أيضا الأمواج الكهرومغناطيسية.



عندما نستمع الي الراديو و أو نشاهد التلفزيون فأننا نستخدم الأمواج الكهرومغناطيسية، فموجات الراديو و التلفزيون ما هي إلا أنواع

من الموجات الكهرومغناطيسية. لكنهم يختلفون فيما نطلق عليه "طول الموجة **wavelength".** وهناك مصطلحين مهمين في

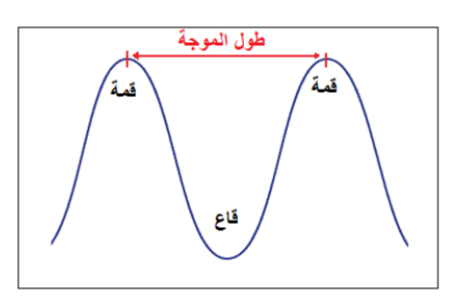
التفرقة بين أنواع الموجات الكهرومغناطيسية، وهما:

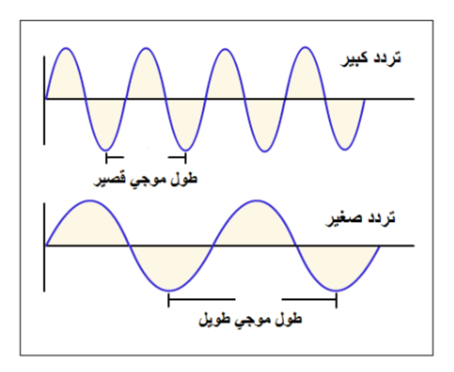
طول الموجة: هو المسافة بين قمتين متتاليتين من الموجة

التردد: هو عدد الموجات في الثانية الواحدة.

والعلاقة بين طول الموجة و التردد هي علاقة عكسية، فكلما زاد طول الموجة قل ترددها و العكس فأنه كلما صغر طول الموجة زاد

ترددها.

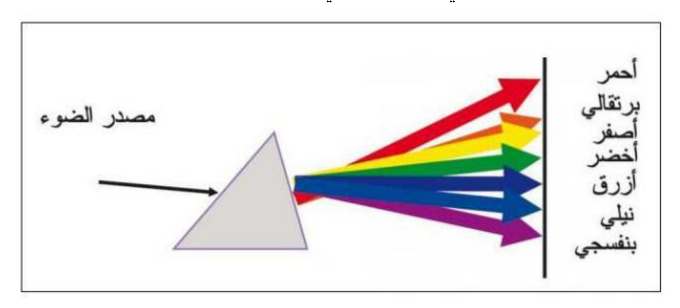




المجال الكهرومغناطيسي

يتم تقسيم الاشعاع أو الطاقة الكهرومغناطيسية الي عدة أنواع بناءا علي طول الموجة.

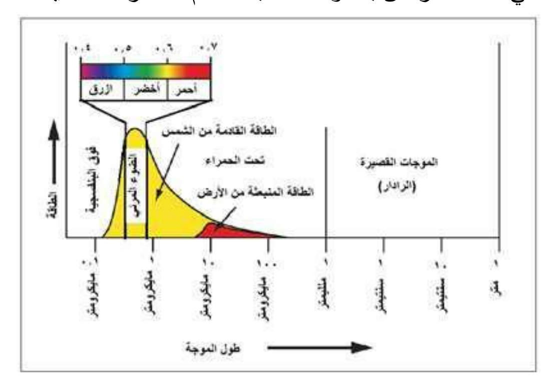
وهذه الأنواع تشمل علي سبيل المثال موجات الراديو و الموجات القصيرة و موجات الضوء المرئي و موجات أشعة اكس **X** و موجات أشعة جاما. وهناك جزء صغير جدا فقط من هذا المجال الكهرومغناطيسي هو ما يمكن للعين البشرية رؤيته وهو ما نسميه المجال المرئي **Visible Spectrum** (تذكر أننا لا نري موجات الراديو الذي نسمعه أو موجات التلفزيون الذي نشاهده). والمجال المرئي الذي نراه هو ما يتراوح طول موجته بين ٤.٠ و ٧.٠ مايكرومتر (المايكرومتر هو جزء من المليون من المتر أو جزء من الألف من الملليمتر). وهذا المجال المرئي مكون من سبعة ألوان التي نراها عندما نري قوس قزح أثناء المطر أو عندما نمرر الضوء من منشور زجاجي، وهذه الألوان السبعة هي: الأحمر و البرتقالي و الأصفر و الأخضر و الأزرق و النيلي و البنفسجي. وهناك ثلاثة منهم نسميها الألوان الأساسية وهي الأحمر و الأزرق و الأخضر حيث أن باقي الألوان ما هي إلا مركبات من هذه الألوان الرئيسية.



مجال الضوء المرئي	
اللون	طول الموجة بالمايكرومتر
بنفسجي **Violet**	٤٤٦.٠ - ٤٠٠.٠
أزرق **Blue**	٥٠٠.٠ - ٤٤٦.٠
أخضر **Green**	٥٧٨.٠ - ٥٠٠.٠
أصفر **Yellow**	٥٩٢.٠ - ٥٧٨.٠
برتقالي **Orange**	٦٢٠.٠ - ٥٩٢.٠
أحمر **Red**	٧٠٠.٠ - ٦٢٠.٠

في الضوء المرئي يعد اللون الأحمر هو الأطول موجة بينما يعد البنفسجي هو صاحب أقصر موجة. و بعد الضوء الأحمر في المجال الكهرومغناطيسي تأتي الأشعة تحت الحمراء وهي ما لا يمكن للإنسان رؤيتها، لكن يمكن استقبالها بواسطة أجهزة خاصة أو مستشعرات و

1. ذلك فأن الأشعة تحت الحمراء مستخدمة في الاستشعار عن بعد و خاصة باستخدام الأقمار الصناعية.

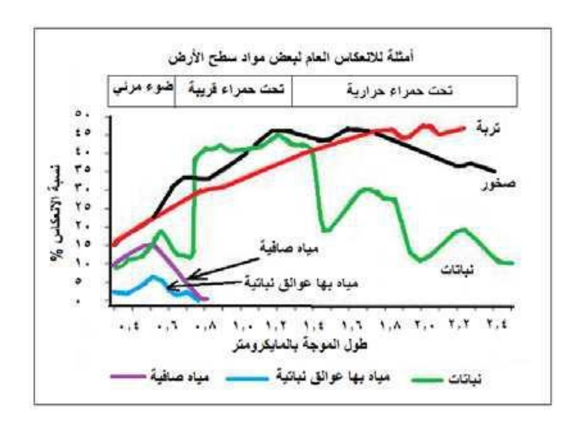


البصمة الطيفية

نتذكر أنه سبق القول أن كل هدف أو ظاهرة مكانية تتفاعل مع الضوء أو الطاقة

الساقطة عليه (ضوء الشمس مثلا) بنمط و طريقة تختلف من هدف الي آخر (أي نسبة الامتصاص و نسبة النفاذ و نسبة الانعكاس لهذا الضوء الساقط) بناءا علي طبيعة و مكونات هذا الهدف الكيميائية و الفيزيائية. وهذا النمط الانعكاسي لكل هدف هو ما نطلق عليه اسم "البصمة الطيفية**Spectral Signature".** أما الانعكاس الطيفي**Spectral Reflectance** فهو النسبة التي يعكسها أي هدف من اجمالي الطاقة أو الضوء الساقط عليه. و بالطبع فأن نسبة الانعكاس الطيفي ستختلف لنفس الهدف أو الظاهرة المكانية من طول موجة الي طول آخر.

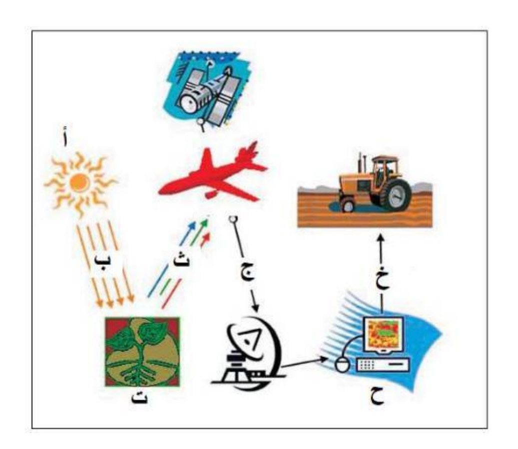
هذه الخاصية هامة للغاية في تكنولوجيا الاستشعار عن بعد لأنها تمكننا من تحديد كل هدف أو ظاهرة مكانية (علي الصورة أو المرئية الفضائية) بناءا علي البصمة الطيفية له. و الشكل التالي يقدم أمثلة للبصمات الطيفية للعديد من الأهداف في أنواع مختلفة من الضوء الكهرومغناطيسي. ونري في هذا الشكل علي سبيل المثال أنه في أطوال الموجات الكبيرة فأن المياه تكون لها نسبة امتصاص كبيرة الضوء المرئي و الموجات تحت الحمراء وذلك أكبر من أطوال الموجة القصيرة (أي نسبة انعكاس صغيرة كما نري في الشكل). و لذلك فأن المياه عادة ما تبدو زرقاء أو زرقاء مخضرة عند رؤيتها بالأشعة الحمراء في الضوء المرئي أو بالأشعة تحت الحمراء. أيضا نري في الشكل أن نسبة الانعكاس للنباتات تزيد بدرجة كبيرة في الأشعة تحت الحمراء القريبة، ولذلك نستخدم هذا النوع من الاستشعار عن بعض للتطبيقات الزراعية.



٤-٢-٣ سير عملية الاستشعار عن بعد

تتكون عملية الاستشعار عن بعد من عدة خطوات باستخدام تقنيات متعددة و أجهزة

الكترونية كالتالي:



(أ) مصدر الطاقة أو مصدر الاضاءة:

أول متطلبات الاستشعار عن بعد هو وجود مصدر للطاقة المرسلة الي سطح الأرض أو مصدر لإضاءة سطح الأرض. وكما سبق القول فأن الشمس هي المصدر الرئيسي للطاقة في الكثير من تطبيقات الاستشعار عن بعد.

(ب) الاشعاع و الغلاف الجوي:

عندما تسير الموجات الكهرومغناطيسية من مصدرها الي سطح الأرض فأنها تمر بطبقات الغلاف الجوي و تتأثر بها. و يجب أخذ هذا التأثير في الاعتبار و معرفة خصائصه التي تتفاعل معها الموجات الكهرومغناطيسية.

(ت) التفاعل مع الهدف:

بعد مرور الموجات الكهرومغناطيسية من الغلاف الجوي فأنها تصل الي الهدف أو الأهداف علي سطح الأرض و تتعامل معها (امتصاص و نفاذ و انعكاس) بناءا علي طبيعة كل هدف و أيضا خصائص الموجة المستخدمة من الموجات الكهرومغناطيسية.

(ث) تسجيل الطاقة من خلال الأجهزة أو المستشعرات:

بعد تفاعل الموجات الكهرومغناطيسية مع الأهداف نحتاج لأجهزة أو مستشعرات

لتجميع و تسجيل هذه الموجات المنعكسة.

(ج) نقل و استقبال و تحليل البيانات:

بعد تسجيل الموجات في المستشعرات يتم نقلها (في صورة الكترونية أو رقمية) الي محطات الاستقبال علي سطح الأرض حيث يتم معالجة هذه البيانات ثم تحويلها الي مرئيات فضائية أو صور جوية.





(ح) التفسير و التحليل:

يتم تفسير و تحليل المرئيات الفضائية بعد معالجتها و يتم هذا التفسير اما بصريا أو الكترونيا من خلال برامج كمبيوتر متخصصة وذلك بهدف استخراج المعلومات عن الأهداف و الظاهرات المكانية المطلوبة.

(خ) التطبيق:

أما آخر خطوات عملية الاستشعار عن بعد فتتمثل في تطبيق المعلومات المستنبطة من المرئيات الفضائية في الفهم الأفضل للظاهرة المكانية و حل المشكلات.

٤-٢-٤ منصات و مستشعرات عملية الاستشعار عن بعد

(أ) منصات الاستشعار عن بعد:

المنصة**Platform** هي الوسيلة التي نضع عليها الكاميرا أو جهاز الاستشعارعن بعد لتجميع المعلومات عن الهدف المطلوب. وقد تكون هذه المنصة ثابتة أو متحركة طبقا لخصائص و متطلبات عملية الاستشعار ذاتها. ويمكن وضع أجهزة الاستشعار علي الأرض أو في طائرة أو في بالون أو في قمر صناعي.

المنصات الأرضية:

عادة ما تستخدم المنصات الأرضية **Ground-Based Platforms** عند الحاجة لتجميع معلومات تفصيلية عن سطح الأرض و ظاهراته. وقد يتم وضع الكاميرا أو المستشعر علي جرار أو مبني عالي. و تكون المعلومات التي نحصل عليها في حالة المنصات الأرضية واضحة جدا بصورة أكبر من منصات الاستشعار عن بعد الأخرى. لكن من عيوبها أنها تغطي منطقة صغيرة فقط و لا يمكن استخدامها لعمل خرائط لمناطق كبيرة.



المنصات الجوية:

تستخدم المنصات المحمولة جوا **Airborne Platforms** عند تجميع صور تفصيلية لمنطقة كبيرة حيث يتم وضع المستشعر في بالون طائر أو في طائرة. وعادة ما يكون ارتفاع المنصات الجوية حوالي ٢٠٠ - ٣٠٠٠ متر فوق سطح الأرض.



المنصات الفضائية:

هنا يتم وضع جهاز الاستشعار أو المستشعر في قمر صناعي يدور حول الأرض غالبا بارتفاع ٨٠٠ كيلومتر تقريبا. وتتميز هذه المنصات بأنها تستشعر أو تجمع بيانات مناطق كبيرة من سطح الأرض، لكن عامة ما تكون درجة وضوح المرئية لهذه المنصات أقل من المنصات

الجوية. ومع التقدم التكنولوجي في العصر الراهن أمكن الوصول الي درجة وضوح تبلغ ٥.٠ متر أو أقل مع استخدام منصات الأقمار الصناعية. مصطلح درجة الوضوح**Resolution** يعبر عن مدي وضوح الصورة أو المرئية الفضائية. وكلما زاد ارتفاع منصة الاستشعار عن بعد كلما قلت درجة وضوح البيانات في الصورة أو المرئية. وبما أن الاستشعار بالطائرات يكون من ارتفاع أقل من ارتفاع الأقمار الصناعية فأن الصور الجوية عادة ما تكون أوضح من المرئيات الفضائية.



(ب) مستشعرات الاستشعار عن بعد:

المستشعرات عي الأجهزة الالكترونية التي تجمع و تسجل الطاقة الكهرومغناطيسية من الهدف أو من السطح. و يوجد نوعين أساسين من المستشعرات: مستشعرات سالبة و مستشعرات موجبة.

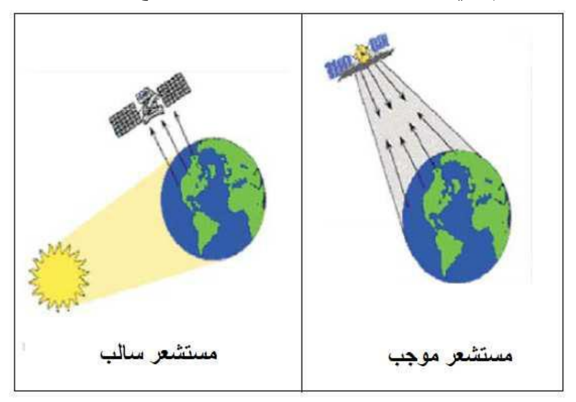
المستشعرات السالبة أو السلبية:

تسجل المستشعرات السالبة**Passive Sensors** الاشعاع المنعكس من سطح الأرض. يأتي مصدر هذا الاشعاع من خارج المستشعر أو الجهاز ذاته، وهو الاشعاع الشمسي أو الطاقة الشمسية في معظم الأحيان. ومن ثم فأن المستشعرات السالبة التي تعتمد علي طاقة الشمس لا تعمل إلا في ضوء النهار. و علي سبيل المثال فأن الكاميرا بدون فلاش الاضاءة تعد مستشعر سالب.

المستشعرات الموجبة أو الايجابية:

تختلف المستشعرات الموجبة**Active Sensors** عن النوع السابق في أن مصدر الطاقة يأتي من داخل المستشعر أو الجهاز نفسه. فعلي سبيل المثال ففي الاستشعار عن بعد باستخدام الليزر (وهو مستشعر موجب) فأن المستشعر يرسل حزمة من الاشعاع له طول موجة

وتردد محدد الي سطح الأرض الذي يعكسه مرة أخري الي الجهاز. و مثال آخر فأن الكاميرا مع فلاش الاضاءة تعد مستشعر موجب.



(ت) منتجات بيانات الاستشعار عن بعد:

يمكن تصنيف بيانات عملية الاستشعار عن بعد الي مجموعتين: بيانات تناظرية و بيانات رقمية.

١- بيانات تناظرية:

البيانات التناظرية **Analog Data** هي التي يتم تجميعها من المنصات الأرضية أو المنصات الجوية باستخدام الكاميرات التناظرية لتصوير سطح الأرض. ان الكاميرات التناظرية تعتمد علي استخدام الأفلام لتسجيل و تخزين الطاقة المنعكسة من سطح الأرض. وهذه الأفلام مصنوعة من مواد كيميائية حساسة للضوء بحيث أن الضوء المنعكس من سطح الأرض عندما يدخل من فتحة الكاميرا الي الفيلم يقوم بتغيير الخصائص الكيميائية لمادة الفيلم. وهذه التغييرات يتم لاحقا تحميضها بمواد خاصة ثم طباعتها للحصول علي الصور الجوية. و تجدر الشارة الي أن الصور الجوية تمدنا بدرجة وضوح أو كم تفاصيل عالي، لكنها تحتاج لعملية المسح الضوئي **scanning** حتى يتم تحويلها الي صورة رقمية والتعامل معها باستخدام الكمبيوتر.



٢- بيانات رقمية:

البيانات الرقمية**Digital Data** مكونة من نوعين:

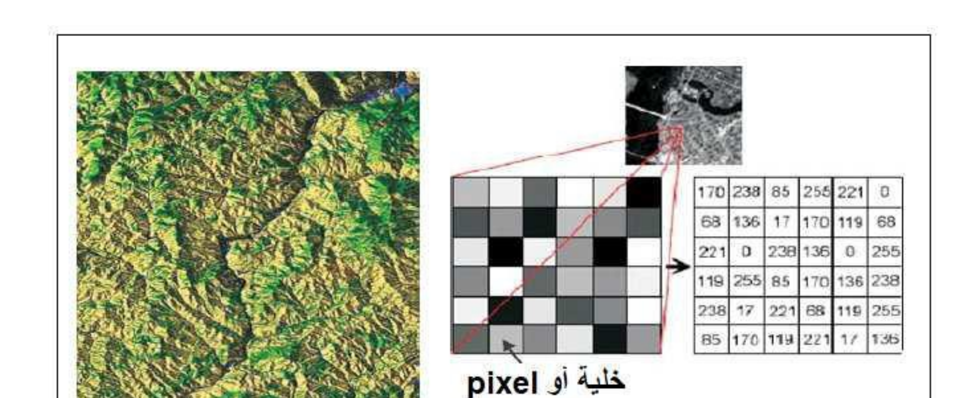
صور من الكاميرات الرقمية:

يتم الحصول علي الصور الرقمية**Digital Camera Images** من خلال استخدام الكاميرات الرقمية سواء بالمنصات الأرضية أو المنصات الجوية. وفي هذا النوع فأن الاشعاع المنعكس من سطح الأرض يتم تخزينه في صورة رقمية مباشرة و من ثم ادخاله مباشرة الي أجهزة الكمبيوتر.

مرئيات الأقمار الصناعية:

يتم الحصول علي المرئيات الفضائية للأقمار الصناعية**Satellite Images** من خلال استخدام مستشعرات موجودة داخل القمر الصناعي. تقوم هذه المستشعرات بتسجيل الاشعاع المنعكس من سطح الأرض و تخزينه في صورة أرقام، ثم ترسل هذه البيانات الي محطة الاستقبال الأرضية التي تقوم بمعالجة هذه الأرقام و اعادتها مرة أخري الي صور لكل عنصر أو جزء صغير جدا من سطح الأرض. وهذه الاجزاء الصغيرة هي ما نطلق عليها اسم الخلية**Pixel.** وعندما يتم تجميع و ترتيب كل الخلايا نحصل علي الصورة الكاملة للموقع الأرضي أو البقعة الجغرافية.


محطة استقبال أرضية



الوضوح المكاني:

الوضوح المكاني **Spatial Resolution** يعبر عن مساحة أصغر جسم أو هدف يمكن تمييزه علي الأرض. وفي المرئيات الرقمية فأن الوضوح المكاني هو مساحة الخلية أو **pixel**، أي أن أصغر هدف يمكن تمييزه علي المرئية هو مساحة الخلية الواحدة و لا يمكن تمييز أي هدف أصغر من الخلية. فعلي سبيل المثال ففي مرئيات القمر الصناعي الأمريكي لاندسات **Landsat** فأن الخلية الواحدة تبلغ ٣٠×٣٠ متر و بالتالي لا يمكن تمييز أي هدف علي الأرض اذا كانت أبعاده أقل من ٣٠×٣٠ متر. أما مرئية القمر الصناعي **Worldview** فتبلغ مساحة الخلية ٠.٥×٠.٥ متر، أي أننا يمكننا تمييز و تحديد أي هدف علي الأرض تبلغ أبعادة أكبر من ٠.٥×٠.٥ متر. ومن هنا يمكننا القول أن المرئيات عالية الوضوح المكاني تظهر تفاصيل أكثر من المرئيات منخفضة الوضوح المكاني.



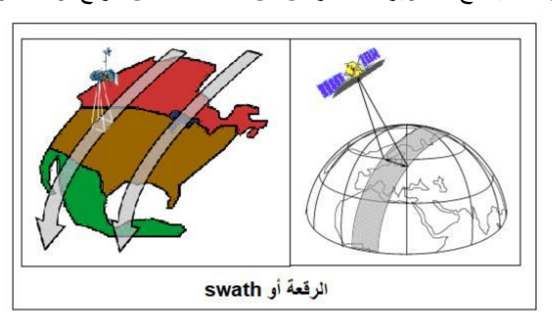
درجة وضوح مكانية منخفضة — درجة وضوح مكانية عالية

أقمار الاستشعار عن بعد:

يتم وضع الأقمار الصناعية للاستشعار عن بعد في الفضاء في مدارات متزامنة مع الشمس **Sun Synchronous Orbits**. أي أن القمر الصناعي سيمر بنفس المنطقة المكانية في وقت محدد من اليوم. و تدور هذه الأقمار الصناعية في الاتجاه من الشمال الي الجنوب بينما تدور الأرض من الغرب الي الشرق. و يتراوح ارتفاع أقمار الاستشعار عن بعد ما بين ٧٠٠ و

٨٠٠ كيلومتر أعلي من سطح الأرض. وكل قمر يستطيع رؤية جزء محدد من سطح الأرض

1. سميه "رقعة أو صف**swath"**. و تتراوح الرقعة ما بين عشرات و مئات الكيلومترات للأقمار الصناعية المختلفة المستخدمة في عملية الاستشعار عن بعد. و مع الحركة المستمرة لدوران الأرض فأن الرقعة الواحدة ستتحرك الي الغرب لتغطي منطقة مجاورة من الأرض مما يسمح لتصوير كل الأرض من خلال عدد من الرقع أو الصفوف.



الرقعة أو swath

٤-٢-٥ تطبيقات الاستشعار عن بعد

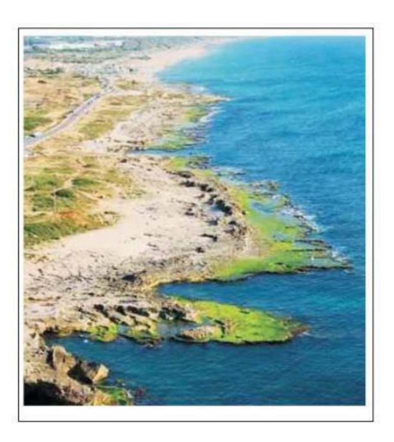
تقوم تكنولوجيا الاستشعار عن بعد بتجميع و تمثيل الظاهرات الأرضية في شكل صور

و مرئيات فضائية. وهذا يساعد في مراقبة و رسم خرائط لكل الموارد الأرضية الطبيعية و البشرية و ادارتها بكفاءة. وفي السنوات الأخيرة فقد لعبت المرئيات الفضائية عالية الوضوح المكاني و بالتكامل مع نظم المعلومات الجغرافية لعبت دورا كبيرا في ادارة الموارد الزراعية و

1. الجيولوجية و المائية و أيضا موارد الغابات و المحيطات. كما أنها أصبحت تساهم بصورة كبيرة في البيئة و الحفاظ عليها. و سنتناول بعض أمثلة لتطبيقات تكنولوجيا الاستشعار عن بعد في الاجزاء القادمة.

(أ) دراسات المناطق الشاطئية:

من المهم في المناطق الساحلية أو الشاطئية تطوير خرائط للظاهرات المكانية المتوفرة بها مثل النباتات الطبيعية و الشعاب المرجانية. أيضا تشمل خطط الادارة المتكاملة للمناطق الساحلية مراقبة و اعداد خرائط المحميات الطبيعية و التغير في خط الشاطئ و تأثير ارتفاع سطح البحر علي سبيل المثال.



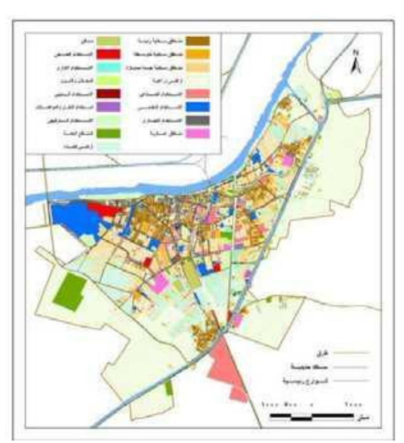
(ب) مراقبة الفيضانات:

تستخدم تكنولوجيا الاستشعار عن بعد في قياس و مراقبة آثار الفيضانات و المناطق المعرضة للغرق بهدف اعداد مخططات الاخلاء و الانقاذ بها و أيضا لتقييم آثار الدمار علي البنية التحتية بمنطقة الفيضان. وفي العديد من الدول يتم تطوير نظم معلومات رقمية مناخية و مائية تعتمد علي منتجات الاستشعار عن بعد لمراقبة الكوارث الطبيعية و من أهمها الفيضانات والتي يمكن تقييمها بكفاءة من خلال المرئيات الفضائية للاستشعار عن بعد و بالتكامل مع نظم المعلومات الجغرافية.

(ت) استخدامات الأرض:

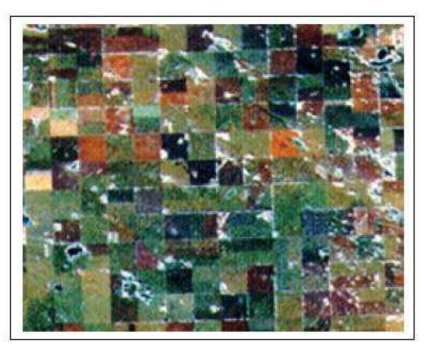
تعطينا تكنولوجيا الاستشعار عن بعد صورة كاملة للمدينة أو للبقعة الجغرافية. ومن ثم تمكننا من مراقبة التغير في تحول الأرض الريفية الزراعية الي أرض عمرانية علي مدار الزمن أي مراقبة التعدي علي الأرض الزراعية أو ظاهرة التصحر. أيضا فهذه التكنولوجيا

1. ساعدنا في التفرقة بين الاستخدامات الريفية للأرض (مثل الزراعة و الرعي) و بين الاستخدامات العمرانية في المدن (مثل الاستخدامات التجارية و العمرانية و الحدائق و الخدمات العامة). ومن هنا فأن الاستشعار عن بعد يستخدم في تحديد أنواع استخدامات الأرض في بقعة جغرافية كبيرة.



(ث) تطبيقات زراعية:

تلعب الزراعة دورا رئيسا في اقتصاد الدول المتقدمة و الدول النامية علي السواء. فإنتاج الغذاء هام لكل فرد، والإنتاج بصورة اقتصادية هو الهدف للمزارع البسيط و للمؤسسات الزراعية الكبري. ومن ثم فهناك حاجة رئيسية لمعرفة او تقدير المنتج (كما و جودة) للتحكم في السعر ومتطلبات التجارة الدولية. و تستخدم الصور الجوية و المرئيات الفضائية كأدوات تقنية لتطوير الخرائط الخاصة بتحديد انواع المحاصيل و فحص صحتها و جودتها ومراقبة العمليات الزراعية، وتضم التطبيقات الزراعية للاستشعار عن بعد: تحديد أنواع المحاصيل، تقييم حالات المحاصيل، تقدير الانتاج، خرائط حالات التربة، متابعة خطوات الزراعة.



(ج) تطبيقات بيئية:

يتم استخدام تكنولوجيا الاستشعار عن بعد في العديد من التطبيقات و الدراسات البيئية علي مستوي العالم و منها علي سبيل المثال:

1. مراقبة الانهار و البحيرات
2. مراقبة درجات حرارة المياه
3. مراقبة جودة المياه السطحية و الجوفية
4. مراقبة تسرب الزيت من مواقع استخراجه البحرية
5. دراسة المخاطر الطبيعية مثل البراكين و الانزلاقات الارضية و الزلازل
6. البحث عن المعادن والموارد الهيدروكربونية مثل البترول
7. متابعة حركة السحب و تقدير الأمطار المتوقعة



٤-٣ نظم المعلومات الجغرافية

تمثل الخريطة المعالم أو الظاهرات المكانية من خلال التمثيل المكاني لمواقعهم و معلوماتهم الأخرى. المواقع المكانية أو الاحداثيات هي التي تصف الموقع الجغرافي أو المكاني للظاهرات و أيضا العلاقات المكانية فيما بينهم. فعلي سبيل المثال من المواقع يمكننا معرفة أقصر طريق من مدرسة الي محطة أتوبيس. أما المعلومات غير المكانية **attribute** فهي التي تصف أية معلومات أخري عن الظاهرات المكانية بخلاف مواقعهم أو احداثياتهم، مثل اسم الظاهرة و نوعها و مساحتها أو طولها و هكذا.

نظم المعلومات الجغرافية أو **Geographic Information Systems** (واختصارا **GIS**) هي وسيلة لتمثيل معلومات الظاهرات و الأهداف المكانية في عدة صور مثل الخرائط الرقمية (أي خرائط الكمبيوتر و ليست الخرائط الورقية). كما أنها تقوم بتطوير أو انشاء الخرائط و تحديثها باستمرار بصورة عالية الكفاءة و الجودة و ادارة هذه البيانات بطريقة جيدة. و يمكن تعريف نظم المعلومات الجغرافية كالآتي: هي نظام يعتمد علي الكمبيوتر يستخدم للتمثيل الرقمي و تحليل الظاهرات المكانية الموجودة علي سطح الأرض من خلال بيانات الموقع و البيانات غير المكانية الأخرى للظاهرات.

(أ) ما هي نظم المعلومات الجغرافية؟

هل سبق لك أن زرت متحف؟ كيف يمكنك تحديد الأقسام التي تريد زيارتها داخل المتحف؟ عند بوابة المتحف غالبا يوجد أجهزة كمبيوتر تعرض لك مكونات المتحف و قاعاته و ترشدك كيف تصل الي قاعة محددة. و كلما حركت فأرة الكمبيوتر **mouse** علي الشاشة يعطيك الكمبيوتر تفاصيل أكثر عن القاعة الظاهرة علي الشاشة و الآثار الموجودة بها. و بهذا الاستعراض السريع فأنك تقرر أي من قاعات المتحف ستبدأ بزيارتها و الطريق للوصول الي كل قاعة. ان نظم المعلومات الجغرافية موجودة هناك و أنت الان تستخدمها بالفعل! فالكمبيوتر يعرض لك البيانات بصورة سريعة و طريقة بسيطة ليمكنك فهمها.

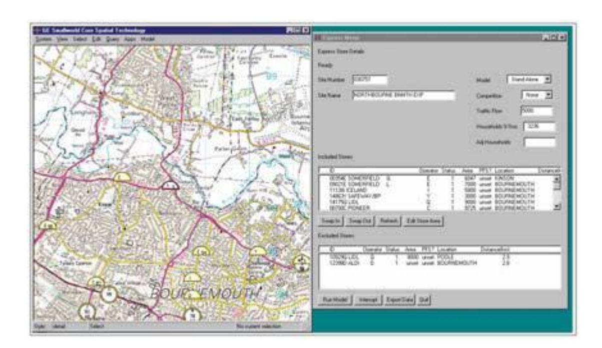
أيضا عند استخدامك الهاتف المحمول فيمكنك عرض خرائط مدينة محددة علي شاشة هاتفك و معرفة كل المعالم الموجودة بها بصورة تفصيلية، كما يمكن للهاتف أو البرنامج أن يحدد لك كيفية الوصول الي معلم معين داخل هذه المدينة و كيف ستسير في الشوارع و الطرق حتى تصل الي هذا الهدف المطلوب. ومرة أخري فان نظم المعلومات الجغرافية موجودة هناك و أنت الان تستخدمها بالفعل!



ان نظم المعلومات الجغرافية هي طريقة لتمثيل المعلومات عن سطح الأرض باستخدام الكمبيوتر و الأجهزة الالكترونية مثلما تمثل الخرائط سطح الأرض علي الورق. و من ثم فأنها تساعدك دائما علي اتخاذ القرار بسرعة. و الان أصبحت نظم المعلومات الجغرافية تستخدم بصورة كبيرة في ادارة الموارد الطبيعية و التخطيط البيئي و الدراسات السكانية و الاجتماعية علي سبيل المثال. فنظم المعلومات الجغرافية تمكننا من الدمج بين البيانات من أنواع متعددة (مثل البيانات الاقتصادية و الاجتماعية و السكانية و البيئية ... الخ) في قاعدة بيانات رقمية واحدة و متكاملة و أيضا تحليل العلاقات بين الظاهرات الطبيعية و البشرية و الاقتصادية و الاجتماعية.

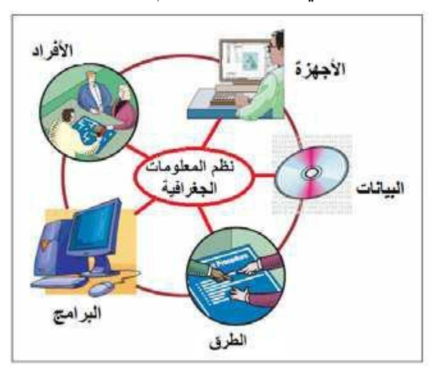
(ب) لماذا نحتاج نظم المعلومات الجغرافية؟

توجد الخرائط التقليدية أو الورقية بأنواعها المختلفة في عدة صور من مقاييس الرسم، فإذا أردنا عمل خريطة متكاملة لمنطقة مكانية معينة فنقوم بوضع أنواع متعددة من الخرائط (مثل خريطة الطرق و خريطة الخدمات العامة و خريطة المباني .... الخ) فوق بعضها البعض لنحصل علي خريطة شاملة لهذه البقعة الجغرافية. بصورة سريعة فأن هذا ما تقوم به نظم المعلومات الجغرافية من عرض مجموعة من الخرائط لنفس المنطقة الجغرافية بكل بياناتها. كما أن نظم المعلومات الجغرافية تستطيع تغيير مقياس رسم الخريطة من مقياس الي آخر بصورة الكترونية سريعة. أيضا فأن نظم المعلومات الجغرافية تمكننا من البحث داخل الخريطة عن أي معلم مكاني و تحدد لنا موقعه و الطريق للوصول اليه، كما أنها تقوم بتحليل البيانات و تعديلها و تحديثها باستمرار و عرضها علي شاشة الكمبيوتر أو طباعتها في صورة خرائط و رسوم بيانية و تقارير.



٤-٣-١ مكونات نظم المعلومات الجغرافية

يتكون نظام المعلومات الجغرافية بصورة مبسطة من أجهزة و برامج و بيانات و أفراد لتجميع و تحليل و عرض البيانات المكانية للظاهرات الجغرافية علي الأرض باستخدام طرق و مواصفات محددة.



الأجهزة:

الأجهزة **hardware** هي أجهزة الكمبيوتر بجميع أشكالها و أنواعها مثل الكمبيوتر المحمول و الكمبيوتر الشخصي و الكمبيوتر المركزي ... الخ حيث يتم تخزين و معالجة البيانات.

البرامج:

برامج الكمبيوتر **software** التي تقدم لنا أدوات تخزين و معالجة و تحليل البيانات، وهناك الكثير جدا منها الان و من أمثلتها برامج **Arc GIS, QGIS, Geomatica**

البيانات:

تعد البيانات أهم مكونات نظم المعلومات الجغرافية و تتكون من البيانات المكانية **Spatial Data** و البيانات غير المكانية **Non-Spatial or Attribute Data**.

الأفراد:

الأفراد المدربون تدريبا عالي الكفاءة للتعامل مع أجهزة و برامج و بيانات نظم المعلومات الجغرافية.

الطرق:

يعتمد نظام المعلومات الجغرافي الناجح علي العمل من خلال طرق و خطط و خطوات قياسية محددة لإدارة البيانات داخل كل مؤسسة.

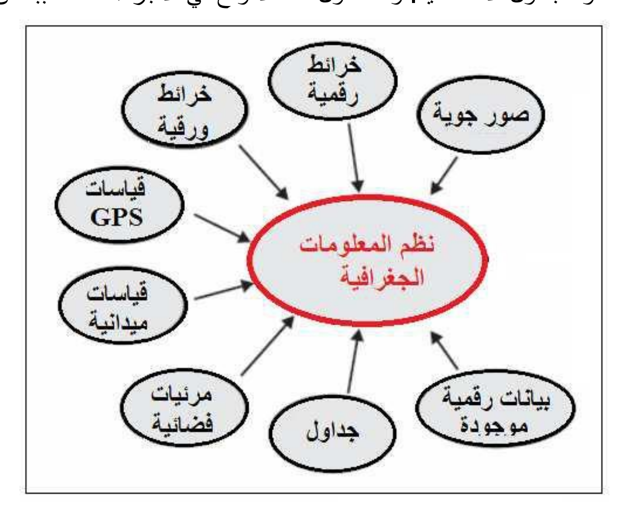
٤-٣-٢ مصادر بيانات نظم المعلومات الجغرافية

من أهم مميزات نظم المعلومات الجغرافية قدرتها علي التعامل مع العديد من أنواع

البيانات التي تأتي من مصادر مختلفة و في عدة صيغ**format** أيضا. بصورة رئيسية فأن بيانات نظم المعلومات الجغرافية تتكون

من: بيانات الاستشعار عن بعد، بيانات أو قياسات النظام العالمي لتحديد المواقع**GPS** ، الخرائط الورقية، الخرائط و الرسومات

الممسوحة ضوئيا، البيانات الرقمية، البيانات و الجداول الاحصائية. و سنتناول هذه الأنواع في الأجزاء القادمة ببعض التفصيل.

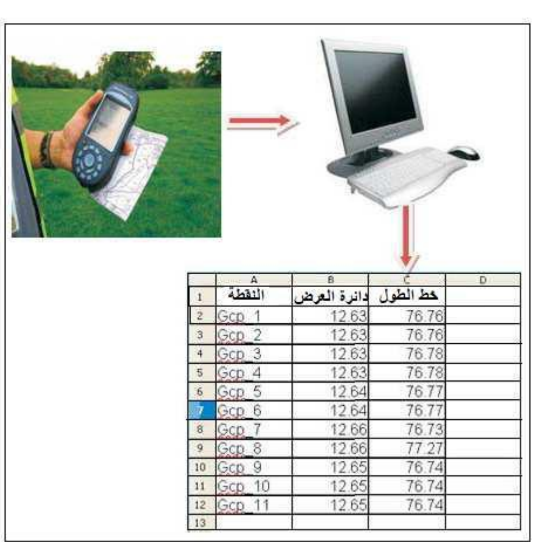


(أ) بيانات الاستشعار عن بعد:

تكنولوجيا الاستشعار عن بعد هي التقنية المستخدمة في تجميع و تحليل بيانات معالم و ظاهرات سطح الأرض. وبهذه التكنولوجيا يمكننا الحصول علي صورة كاملة للأرض من خلال الصور الجوية و المرئيات الفضائية. و تقوم نظم المعلومات الجغرافية باستخدام هذه البيانات للتحليل و المساعدة في ادارة الموارد الطبيعية و البشرية.

(ب) بيانات أو قياسات النظام العالمي لتحديد المواقع**GPS:**

النظام العالمي لتحديد المواقع أو**GPS** يساعد المستخدم في تحديد أي موقع علي الأرض أو في البحار أو في الغلاف المحيط بالأرض. هذا النظام يعتمد علي استخدام الأقمار الصناعية في هذا التحديد المكاني في صورة خطوط الطول**longitude** و دوائر العرض **latitude.** ثم يتم ادخال هذا الاحداثيات أو المواقع الي نظم المعلومات الجغرافية لتحليل معلومات هذه الأهداف أو الظاهرات المكانية.



	A	B	C	D
1	النقطة	دائرة العرض	خط الطول	
2	Gcp_1	12.63	76.76	
3	Gcp_2	12.63	76.76	
4	Gcp_3	12.63	76.78	
5	Gcp_4	12.63	76.78	
6	Gcp_5	12.64	76.77	
7	Gcp_6	12.64	76.77	
8	Gcp_7	12.66	76.73	
9	Gcp_8	12.66	77.27	
10	Gcp_9	12.65	76.74	
11	Gcp_10	12.65	76.74	
12	Gcp_11	12.65	76.74	
13				

(ت) الخرائط الورقية:

تمثل الخرائط معلومات هامة عن منطقة محددة و الظاهرات المكانية بها مثل المباني و الطرق و الشوارع و السكك الحديدية و الخدمات العامة ... الخ. ومن ثم فأن الخرائط الورقية المطبوعة تمثل مصدرا هاما من مدخلات**input** لنظم المعلومات الجغرافية. و يتم تحويل الخرائط الورقية الي صورة رقمية من خلال أجهزة خاصة مثل الماسحات الضوئية **scanners** و لوحات الترقيم **digitizers.**



(ث) الخرائط و الرسومات الممسوحة ضوئيا:

غالبا ما تحتفظ معظم الشركات مثل شركات المياه و الصرف و الصحي و الكهرباء ببياناتها في صورة ورقية تشمل الرسوم الهندسية و مخططات كل شبكة. ومن ثم يتم أيضا تحويل هذه الرسومات الهندسية و المخططات و الخرائط الورقية الي صورة رقمية من خلال أجهزة الماسحات الضوئية و لوحات الترقيم.

(ج) البيانات الرقمية:

تستخدم نظم المعلومات الجغرافية أيضا البيانات الرقمية (أي في صورة ملفات كمبيوتر) الناتجة من البرامج الأخرى مثل برنامج الاوتوكاد للرسم الهندسي و برنامج الاكسل لتخزين البيانات. و يتم ادخال هذه البيانات الرقمية مباشرة الي نظم المعلومات الجغرافية لتحليلها و معالجتها و التعامل معها.



مثال لملف أوتوكاد

(ح) البيانات و الجداول الاحصائية:

تمثل البيانات و الجداول الاحصائية نوعا هاما من بيانات نظم المعلومات الجغرافية و هي ما نطلق عليها البيانات غير المكانية.

الدولة	الرياض			جدة			الخبر					
	ذكور	أناث	أجمالي	ذكور	أناث	أجمالي	ذكور	أناث	أجمالي	إجمالي الذكور	إجمالي الإناث	أجمالي
أسبانيا	26	7	33	0	0	0	0	0	0	26	7	33
استراليا	378	73	451	508	161	669	180	74	254	1066	308	1374
الصين	15	12	27	0	0	0	0	0	0	15	12	27
ألمانيا	36	11	47	0	0	0	0	0	0	36	11	47
المجر	34	9	43	35	7	42	0	0	0	69	16	85
النمسا	5	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	5
الهند	28	7	35	0	0	0	0	0	0	28	7	35
اليابان	27	7	34	0	0	0	0	0	0	27	7	34
أمريكا	400	87	487	399	237	636	356	143	499	1155	467	1622
أوكرانيا	18	7	25	0	0	0	0	0	0	18	7	25
إيرلندا	1	0	1	0	0	0	0	2	2	1	2	3
إيطاليا	9	6	15	0	0	0	0	0	0	9	6	15
بريطانيا	321	91	412	410	250	660	123	88	211	854	429	1283
بولندا	10	13	23	0	0	0	0	0	0	10	13	23
التشيك	7	3	10	0	0	0	0	0	0	7	3	10
رومانيا	9	1	10	0	0	0	0	0	0	9	1	10
سلوفاكيا	14	16	30	0	0	0	0	0	0	14	16	30
سنغافورة	16	12	28	15	22	37	0	0	0	31	34	65
فرنسا	24	4	28	45	23	68	19	6	25	88	33	121
كندا	317	68	385	583	303	886	213	94	307	1113	465	1578
كوريا	4	1	5	0	0	0	0	0	0	4	1	5
ماليزيا	28	17	45	34	34	68	0	0	0	62	51	113
نيوزلندا	98	15	113	106	28	134	43	23	66	247	66	313
هولندا	28	39	67	26	14	40	0	0	0	54	53	107
الاجمالي	1853	506	2359	2161	1079	3240	934	430	1364	4948	2015	6963

٤-٣-٣ أنواع بيانات نظم المعلومات الجغرافية

1. تقوم نظم المعلومات الجغرافية بتخزين الخرائط بالصورة التقليدية و لا تقوم بتخزين الصور الجوية و المرئيات الفضائية فقط. انما تقوم نظم المعلومات الجغرافية بتخزين البيانات الجغرافية أو المكانية مثل المساحة و الشكل و الموقع مع البيانات غير المكانية للظاهرات الجغرافية. ومن ثم فيمكن تقسيم البيانات في نظم المعلومات الجغرافية الي نوعين: بيانات مكانية و بيانات غير مكانية.

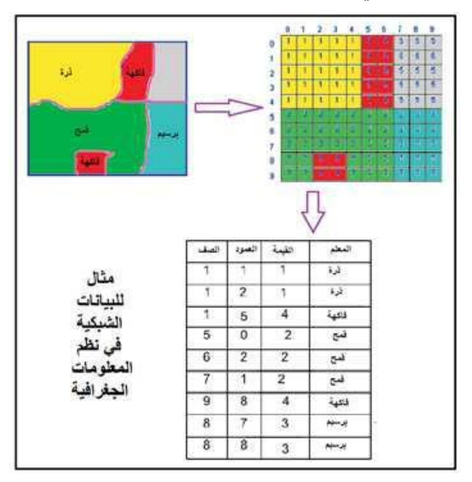
(أ) البيانات المكانية:

البيانات المكانية**Spatial Data** هي البيانات المتعلقة بالموقع المكاني أو الموقع الجغرافي للأهداف و الظاهرات علي سطح الأرض. أي أن البيانات المكانية تصف موقع الهدف و غالبا في صورة احداثيات**coordinates** و أيضا علاقاته مع الأهداف الأخرى. و تتوفر البيانات المكانية في عدة صور منها الخرائط الرقمية و الخرائط الورقية و الصور الجوية و مرئيات الأقمار الصناعية. وتعد أهم خصائص البيانات المكانية هي: الموقع، المساحة و الشكل، العلاقات بين الظاهرات أو الأهداف. و تقوم نظم المعلومات الجغرافية بتخزين البيانات المكانية في صورتين أو صيغتين: البيانات الشبكية و البيانات الخطية.

(أ-١) البيانات الشبكية:

تستخدم البيانات الشبكية أو البيانات الخلوية (من كلمة خلية)**Raster Data** شبكة منتظمة تغطي البقعة الجغرافية و تعتمد علي درجة الوضوح المكاني**resolution** للقمر الصناعي. فعلي سبيل المثال اذا كانت درجة الوضوح المكاني ١٠ متر فأن كل مربعات الشبكة ستكون ١٠**×**١٠ متر. أي أن البيانات الشبكية تتكون من عدد من الصفوف و عدد من الأعمدة تكون الشبكة المطلوبة. وفي كل خلية أو مربع من هذه الشبكة توجد احداثيات الخلية و أيضا قيم البيانات غير المكانية لها.
في المثال التوضيحي التالي لدينا خريطة لمنطقة زراعية بها أربعة أنواع من المحاصيل. قمنا بوضع شبكة من المربعات أعلاها و داخل كل مربع يوجد قيمة تحدد نوع المحصول حيث القيمة ١ تمثل محصول الذرة و القيمة ٢ تمثل القمح و ٣ تمثل البرسيم و ٤ تمثل الفاكهة بينما القيمة ٥ تمثل أرض غير مزروعة. فتقوم نظم المعلومات الجغرافية بتمثيل هذه البيانات الشبكية من خلال عدد من الخلايا أو المربعات حيث كل خلية أو مربع يتم تحديد موقعه من خلال معرفة رقم الصف و رقم العمود لهذا المربع ثم توجد القيمة التي تحدد نوع

المحصول. فعلي سبيل المثال فالخلية الموجودة في الصف الأول و العمود الأول بها القيمة ١ أي أن نوع الهدف لها هو محصول الذرة، و كذلك الخلية في الصف الأول و العمود الثاني بها أيضا القيمة ١ أي أنها تمثل محصول الذرة أيضا. ويمكن أيضا النظر الي الخلية في الصف الأول و العمود الخامس فنجد القيمة بها تساوي ٤ أي أن الهدف المناظر لها هو الفاكهة. أما الخلية في الصف الثامن و العمود السابع فبداخلها القيمة ٣ أي أنها تمثل محصول البرسيم. و هكذا فأن البيانات الشبكية في نظم المعلومات الجغرافية تتكون من صفوف و أعمدة و لكلا منهم قيمة محددة تحدد نوع الهدف أو الظاهرة المكانية التي تمثلها.



المعلم	القيمة	العمود	الصف
ذرة	1	1	1
ذرة	1	2	1
فاكهة	4	5	1
قمح	2	0	5
قمح	2	2	6
قمح	2	1	7
فاكهة	4	8	9
برسيم	3	7	8
برسيم	3	8	8

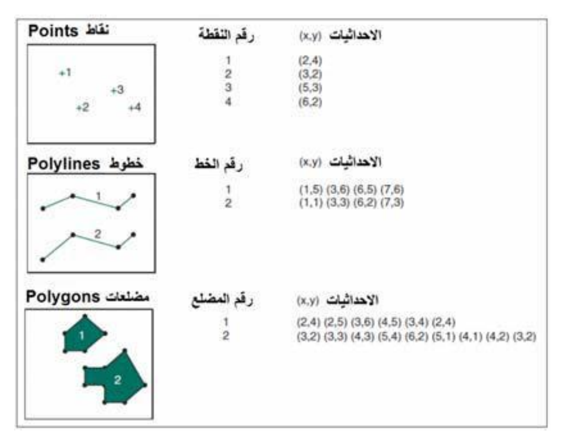
تعتمد نظم المعلومات الجغرافية علي نوع البيانات الشبكية لتمثيل عدد كبير من البيانات مثل الصور الجوية و المرئيات الفضائية للاستشعار عن بعد و أيضا الخرائط الممسوحة ضوئيا. و تجدر الاشارة الي أن معظم برامج نظم المعلومات الجغرافية يمكنها تحويل نوع البيانات الشبكية الي النوع الثاني و هو البيانات الخطية و العكس.

(أ-٢) البيانات الخطية:

البيانات الخطية أو البيانات الاتجاهية **Vector Data** تتكون من النقاط و الخطوط و المضلعات. و يمكنك تخيل هذا النوع من البيانات كما لو كنت تقوم أنت برسم الظاهرات المكانية بالقلم علي الخريطة بنفس وضعها و شكلها الحقيقي. ومن هنا فأن نوع البيانات الاتجاهية يمثل الأهداف و الظاهرات المكانية بدقة عالية، و من ثم فهذا النوع من البيانات هو المستخدم في تمثيل التطبيقات العمرانية مثل الأراضي و شبكات المياه و الري حيث تكون الدقة عاملا مهما في تمثيل حدود قطع الأراضي و أيضا في تحليل الشبكات و مكوناتها.

يتم تخزين البيانات الخطية أو الاتجاهية من خلال تخزين احداثياتها، فيتم تخزين الاحداثيات الثنائية س،ص أو **x,y** لكل نقطة بالإضافة الي رقم النقطة ذاتها، أما الخط فيتم

تخزين رقمه مع احداثيات نقطة بداية الخط و نقطة نهايته. أما المضلع فيتم تخزين رقمه مع احداثيات جميع النقاط التي يتكون منها كل مضلع كما في المثال التالي.



يتم استخدام نوع البيانات الخطية في نظم المعلومات الجغرافية لتخزين بيانات الأهداف

1. المعالم المكانية التي تتطلب دقة عالية في تحديد الشكل و المساحة مثل الأنهار و الحدود السياسية و شبكات الطرق و شبكات الخدمات العامة مثل المياه و الكهرباء.

(ب) البيانات غير المكانية:

البيانات غير المكانية **Non-Spatial Data** و أحيانا نطلق عليها أيضا السمات **Attribute** هي كل البيانات المتعلقة بالهدف أو الظاهرة المكانية بخلاف الموقع الجغرافي. و هذه البيانات قد تكون بيانات كمية **quantitative** أو بيانات نوعية **qualitative**. فعلي سبيل المثال فان كانت الخريطة تظهر مدرسة معينة فأن البيانات المكانية لها تحدد موقعها و مساحتها. أما البيانات غير المكانية لهذه المدرسة فتشمل اسمها و نوعها و عدد فصولها و عدد طلابها ..... الخ.

يتم تخزين البيانات غير المكانية في نظم المعلومات الجغرافية في صورة جداول **Tables**. وكل صف في الجدول يمثل هدف أو ظاهرة محددة بينما الأعمدة تمثل كافة البيانات غير المكانية لهذا الهدف أو هذه الظاهرة.

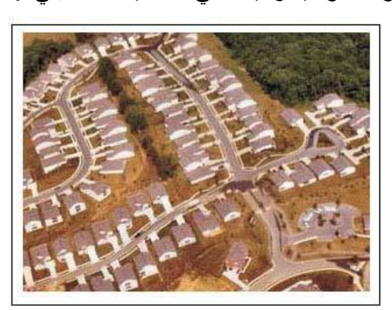
جدول البيانات غير المكانية

م	الاسم	النوع	المرحلة	الفصول	الطلاب	المعلمين
١	أم الأبطال	بنات	ثانوية	١٢	٢٥٠	٤
٢	الهرم	بنين	اعدادية	٢٢	٣٦٠	٥٥
٣	أبو بكر الصديق	بنين	ابتدائية	٣١	٤٠٠	٦٢
٤	أحمد فهمي	بنين	اعدادية	١٨	٢٧٠	٣٢

٤-٣-٤ تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية

(أ) تخطيط المدن:

تقوم ادارات المدن و المحافظات بإنشاء نظم معلومات جغرافية للحصول علي بيانات رقمية تمثل المباني و خصائصها و قطه الأراضي الفضاء و أنواع استخدامات الأرض و شبكات الطرق و المرافق العامة المتوفرة. و يتم استخدام كل هذه البيانات المكانية و غير المكانية بصورة يومية في ادارة الموارد بالمدينة و متابعة التغيرات الزمنية و أيضا في التخطيط المستقبلي لها.



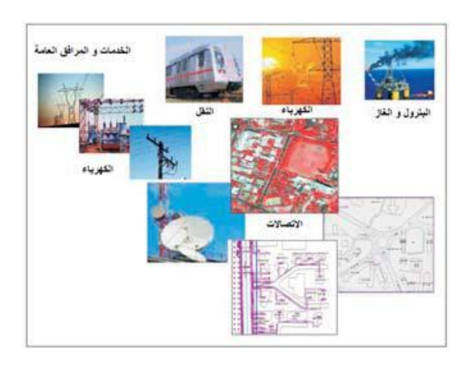
(ب) خدمات الأمن و الدفاع:

تلعب التقنيات المكانية بصفة عامة دورا حيويا في ادارة الأزمات مثل الحرائق و الزلازل و اعداد خطط مواجهة الأزمات الأمنية و خطط الطوارئ عند حدوثها. كما تقدم التقنيات المكانية أيضا المعلومات المطلوبة في الحروب و معرفة أماكن تواجد قوات الأعداء ومن ثم اعداد الخطط الدفاعية اللازمة.



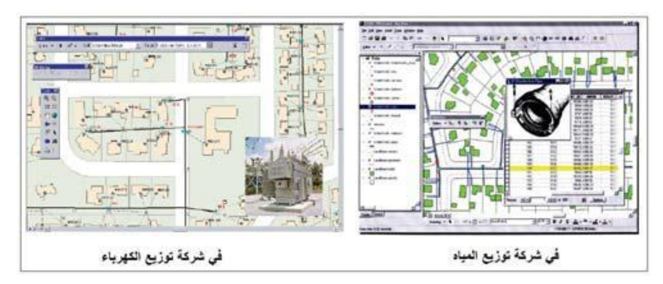
(ت) المرافق العامة:

تعتمد الشركات و الجهات الحكومية التي تدير شبكات المرافق العامة علي نظم المعلومات الجغرافية في ادارة كل مرفق. فهذه التكنولوجيا تقدم لهم المعلومات المكانية في صورتها الرقمية لاستخدامها في العديد من التطبيقات مثل تحديد أقصر طريق لسيارات الاسعاف و المطافئ للوصول لموقع الحدث و أيضا في اختيار أفضل موقع لإنشاء خدمة جديدة.



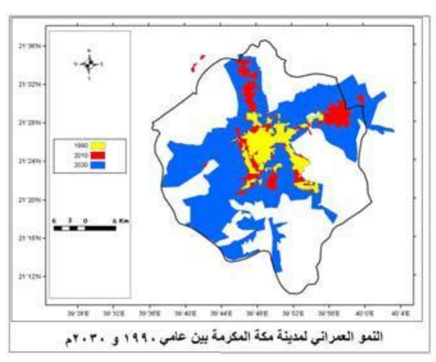
(ث) تخطيط البنية التحتية:

يعد تجميع البيانات المكانية و غير المكانية أول متطلبات اعداد خطط البنية التحتية من طرق و شبكات الري و شبكات المياه و الصرف الصحي ... الخ. ومن ثم فأن نظم المعلومات الجغرافية هي التكنولوجيا الأكثر استخداما في عمليات التخطيط المستقبلي لكل أنواع البنية التحتية.


في شركة توزيع الكهرباء   في شركة توزيع المياه

(ج) التطبيقات البيئية:

تعد التطبيقات البيئية من أولي وأهم أنواع مجالات استخدامات نظم المعلومات الجغرافية منذ ابتكارها، ففي معظم دول العالم فأن الأراضي والموارد الطبيعية محدودة مما يتطلب إدارتها بكفاءة عالية. وهنا تقدم نظم المعلومات الجغرافية أداة تقنية لمراقبة ومتابعة التغيرات في استخدامات الأراضي و متابعة وتحليل و نمذجة النمو العمراني. فعلي سبيل المثال فأن نظم المعلومات الجغرافية تمكننا من تحديد أفضل مواقع إنشاء سدود الحصاد المائي في منطقة معينة كما تقدم لنا منهجا علميا دقيقا للتوقع المستقبلي لظاهرة معينة بحيث يمكن وضع الخطط المناسبة لمواجهة هذه التحديات المستقبلية.



النمو العمراني لمدينة مكة المكرمة بين عامي ١٩٩٠ و ٢٠٣٠م

٤-٤ ما هي الطائرات بدون طيار؟

الطائرة بدون طيار أو الطائرة المسَيرة أو الدرون**Drone** أو**UAV** اختصارا لاسم المركبة الجوية الغير مأهولة **Unmanned Aerial Vehicle** هي طائرة يتم توجيهها

1. التحكم فيها عن بعد أو يتم برمجتها مسبقًا للطريق المطلوب أن تسلكه. وقد يكون اسم الطائرة بدون طيار اسما خادعا حيث أنها لا تطير بمفردها، انما هناك شخص أو طيار يوجهها و يتحكم فيها و ان كان هذا الطيار غير موجودا داخل الطائرة انما يتحكم فيها عن بعد غالبا من خلال وسائل الاتصالات سواء بالراديو أو بالأقمار الصناعية. و لذلك يمكننا القول أن الطائرات بدوت طيار هي نوع من أنواع الاستشعار عن بعد كما تناولناه في الفصل الثاني.



كانت بداية تطوير الطائرات بدون طيار للاستخدامات العسكرية، و مازالت استخداماتها العسكرية و الأمنية و الاستخباراتية هي الجزء الأكبر من تطبيقاتها بصفة عامة. كانت البداية في العقد الثاني من القرن العشرين عندما بدأ ابتكار الطائرات بدون طيار للعمل كأهداف طائرة متحركة للتدريب علي استخدام المدفعية و زيادة كفاءتها. ثم بدأ تطوير الفكرة و الاعتماد أكثر عليها في الستينات من القرن العشرين كنوع من طائرات التجسس بديلا عن الطائرات العادية باهظة الثمن و فقد حياه الطيارين المتواجدين داخلها.
تحمل الطائرة بدون طيار في الغالب حمولة معينة لأداء مهامها كأجهزة كاميرات للاستخدامات المدنية و الاستطلاع أو حتى القذائف و الصواريخ للاستخدامات العسكرية. و يعد الاستخدام الأكبر لها هو في الأغراض العسكرية كالمراقبة والهجوم لكن شهد استخدامها في الأعمال المدنية تزايدًا كبيرًا في السنوات الماضية حيث تستخدم في المهام الصعبة والخطرة بالنسبة للطائرة التقليدية و دون تعريض الطائرة لأي خطر حقيقي. و تجدر الاشارة الي وجود عشرات الدول التي تقوم بتطوير و صناعة الطائرات بدون طيار للتطبيقات العسكرية، كما أن هناك العديد من الشركات التجارية التي تبيع هذه الطائرات للاستخدامات المدنية. و سنركز في هذا الفصل علي الاستخدامات المدنية فقط و خاصة التطبيقات المكانية لهذه التكنولوجيا الحديثة.



الطائرات بدون طيار

٤-١-٤ أنواع الطائرات بدون طيار

(أ) من حيث القيادة:

١- طائرات يتم التحكم فيها من بعد سواء لاسلكيا أو بالأقمار الصناعية ٢- طائرات يتم التحكم فيها ذاتيا من حيث وجود برنامج كمبيوتر داخلها يحدد لها خطوط و
اتجاهات الطيران و المهام المطلوب تنفيذها.

(ب) من حيث التصميم:

١- الأجنحة الدوارة: طائرة لها أجنحة تدور أثناء عمليتي الاقلاع و الهبوط (مثل الطائرة الهيلوكبتر). لكن هذا النوع من التصميم يستنزف كما كبيرا من طاقة الطائرة (البطارية) مما يجعل زمن الطيران قصيرا.

٢- أجنحة ثابتة: شكلها العام مثل الطائرات التقليدية مما يجعلها تحتاج لجهاز معين لإطلاقها و أيضا تحتاج مدرج للهبوط. لكنها تتميز باستهلاك الطاقة بصورة بسيطة مما يسمح لها بالطيران لزمن طويل.

٣- أجنحة ثابتة/دوارة: تصميم يجمع مميزات كلا النوعين السابقين بوجود كلا النوعين من الأجنحة.



الطائرات بدون طيار من حيث التصميم

٤-٤-٢ أجهزة الطائرات بدون طيار

ان الطائرة بدون طيار في التطبيقات المدنية ما هي إلا منصة أو حاملة للأجهزة

المطلوب استخدامها لتنفيذ هدف أو أهداف محددة. ومن هنا فلأن أنواع الطائرات بدون طيار تتعدد بشكل كبير في التطبيقات المدنية من حيث: (١) الحمولة التي يمكنها حملها أي وزن الأجهزة، (٢) المدي أو الزمن التي يمكنها الطيران ذهابا و عودة. و بالطبع فأن كلا هذين العاملين يحددان سعر الطائرة بدون طيار.

تتعدد الأجهزة التي يمكن وضعها داخل الطائرة بدون طيار بدرجة كبيرة، وذلك طبقا لنوع الاستخدام أو نوع المهمة التي سيتم تنفيذها باستخدام الطائرة بدون طيار. فعلي سبيل المثال ان كان هدف المهمة هو تطوير الخرائط فيتم استخدام مستشعرات تعمل بالأشعة المرئية مع جهاز النظام العالمي لتحديد المواقع **GPS** للحصول علي احداثيات خط الطيران بدقة. أما ان كان هدف المهمة هو مراقبة آثار الفيضان فيمكن الاكتفاء بوضع كاميرا تصوير و كاميرا فيديو لحصر الأماكن المتضررة. و بصورة عامة فأن الأجهزة الممكن وضعها علي الطائرات بدون طيار تشمل ما يلي:

1. كاميرا تصوير رقمية بالضوء المرئي
2. كاميرا تصوير فيديو
3. مستشعر **sensor** للضوء المرئي
4. مستشعر **sensor** للضوء المرئي و أيضا للأشعة تحت الحمراء
5. جهاز استقبال للنظام العالمي لتحديد المواقع **GPS**
6. وحدة القياس بالقصور الذاتي (عند انقطاع وصول اشارات **GPS**)
7. جهاز مسح بأشعة الليزر **Laser Scanner**
8. جهاز التحسس بالضوء **LiDAR**

٤-٤-٣ تطبيقات الطائرات بدون طيار

تتعدد استخدامات الطائرات بدون طيار في الاستخدامات المدنية بدرجة كبيرة و من

أمثلة هذه التطبيقات في السنوات الأخيرة:

1. المسح الأرضي ثلاثي الأبعاد
2. تطوير الخرائط التفصيلية و الطبوغرافية
3. تجميع المعلومات المكانية في نظم المعلومات الجغرافية
4. ادارة مشروعات الانشاءات

1. الزراعة (مراقبة المحاصيل)
2. الخرائط البحرية و ادارة الموانئ
3. ادارة الأراضي
4. مراقبة الشواطئ و التلوث البحري
5. متابعة و رصد التغيرات المناخية
6. مراقبة شبكات البنية التحتية
7. المناجم السطحية
8. تطوير نماذج الارتفاعات الرقمية
9. متابعة آثار الكوارث الطبيعية كالزلازل و الفيضانات و الحرائق
10. خدمات البحث و الانقاذ و ايصال المساعدات
11. الأمن و المرور
12. الاعلام و الأخبار
13. البحث العلمي
14. السياحة و الآثار



بعض استخدامات الطائرات بدون طيار

(GPS) النظام العالمي لتحديد المواقع ✓

ما هو النظام العالمي لتحديد المواقع؟
نظام ملاحي فضائي يستخدم الأقمار الصناعية لتحديد المواقع بدقة في أي مكان على سطح الأرض.

ما هي الأقسام الثلاثة للنظام العالمي لتحديد المواقع؟

قسم الفضاء (الأقمار الصناعية)

قسم التحكم الأرضي

قسم المستخدمين

أذكر أمثلة لتطبيقات النظام العالمي لتحديد المواقع؟
تحديد المواقع، الملاحة، الزراعة الدقيقة، نظم المعلومات الجغرافية، التطبيقات العسكرية.

ما هي النظم الأخرى المشابهة للنظام العالمي لتحديد المواقع؟

GLONASS (روسيا)

Galileo (الاتحاد الأوروبي)

BeiDou (الصين)

يوجد النظام العالمي لتحديد المواقع في أجهزة الهاتف المحمول.
صح ✓

الاستشعار عن بعد ✓

ما هو المصدر الرئيسي للطاقة في الاستشعار عن بعد؟
الطاقة الشمسية.

ما هو طول الموجة؟
المسافة بين قمتين متتاليتين في الموجة الكهرومغناطيسية.

ما هو التردد؟
.عدد الموجات التي تمر بنقطة في الثانية، ويقاس بالهرتز

ما هي أنواع المستشعرات؟

المستشعرات السلبية (مثل الكاميرات)

المستشعرات النشطة (مثل الرادار والليدار)

ما هو تعريف الاستشعار عن بعد؟
علم الحصول على معلومات عن سطح الأرض دون تلامس مباشر، باستخدام أجهزة تسجل .الإشعاع المنعكس أو المنبعث

ما هو تعريف الضوء المرئي؟
.جزء من الطيف الكهرومغناطيسي يمكن رؤيته بالعين المجردة (0.4 - 0.7 ميكرومتر)

أذكر بعض تطبيقات تكنولوجيا الاستشعار عن بعد؟
.رصد الغطاء النباتي، الزراعة، مراقبة الكوارث، رسم الخرائط، إدارة الموارد الطبيعية

:أذكر أنواع الضوء المرئي الأساسية وطول الموجة لكل منها

الأحمر: 0.6 - 0.7 µm

الأخضر: 0.5 - 0.6 µm

الأزرق: 0.4 - 0.5 µm

✅ نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

ما هي نظم المعلومات الجغرافية؟
.أنظمة لجمع وتحليل وإدارة البيانات المكانية وغير المكانية

ما هما نوعا البيانات المستخدمة في نظم المعلومات الجغرافية؟

البيانات المكانية

البيانات الوصفية (غير المكانية)

ما الفرق بين البيانات المكانية وغير المكانية؟

المكانية: ترتبط بموقع جغرافي

غير المكانية: تصف خصائص الموقع مثل الاسم والنوع

أذكر مصادر البيانات في نظم المعلومات الجغرافية؟
GPS، الاستشعار عن بعد، المسح الأرضي، الخرائط الورقية، قواعد البيانات.

ما أهمية البيانات غير المكانية؟
توضح تفاصيل مثل اسم المكان، الوظيفة، عدد السكان، إلخ.

اشرح مكونات نظم المعلومات الجغرافية؟

الأجهزة

البرامج

البيانات

الأشخاص

الإجراءات

اشرح ثلاثة من تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية؟

تخطيط المدن

إدارة الكوارث

مراقبة استخدام الأراضي

✅ **الطائرات بدون طيار (Drones)**

ما هي الطائرة بدون طيار؟
طائرة يتم التحكم فيها عن بعد أو مبرمجة مسبقاً، ولا تحتاج إلى طيار بشري onboard.

أذكر بعض تطبيقات الطائرات بدون طيار؟
المسح الجوي، الزراعة الذكية، التصوير السينمائي، المراقبة الأمنية، الاستجابة للطوارئ.

ما هي مميزات الطائرات بدون طيار؟

انخفاض التكلفة

سهولة التشغيل

الوصول لمناطق خطرة

دقة البيانات

علم المساحة ✅

أذكر تعريف علم المساحة؟
.علم قياس ورصد وتحديد مواقع النقاط والمسافات والزوايا على سطح الأرض

يعد علم المساحة علماً حديثاً. صح أم خطأ؟
.خطأ، هو علم قديم استخدمه المصريون القدماء ❌

أذكر خمسة تطبيقات لعلم المساحة؟
.رسم الخرائط، إنشاء الطرق، شبكات المياه، الإنشاءات، الزراعة

أذكر تجربة مساحية تمت قديماً في مصر؟
.قياس الأراضي الزراعية بعد فيضان النيل في عهد الفراعنة

ما هي الأقسام الرئيسية لعلم المساحة؟

المساحة الأرضية

المساحة البحرية

المساحة الجوية

المساحة الجيوديسية

ما هما القسمين الفرعيين في المساحة الأرضية؟

المساحة الطولية

المساحة التفصيلية

ما الفرق بين المساحة الجوية والمساحة البحرية؟

الجوية: باستخدام الطائرات أو الدرون لتصوير الأرض من الأعلى

البحرية: قياس أعماق البحار والأنهار باستخدام الإيكوساوندر وأجهزة تحديد الأعماق

الزوايا والمسافات والاتجاهات ✅

ما هما النظامين الدوليين المستخدمين في وحدات القياس الطولية؟

النظام المتري (المتر والسنتيمتر)

النظام الإمبراطوري (القدم والبوصة)

هل البوصة تساوي ثلاثة سنتيمترات؟
خطأ، البوصة = 2.54 سم تقريباً ❌

الفدان مكون من 30 قيراط. صح أم خطأ؟
صح ✅

ما هي الأنظمة الثلاثة المستخدمة في قياس الزوايا والاتجاهات؟

النظام الستيني

النظام الدائري (الزوايا المئوية)

نظام الميل الجوني

الدرجة المئوية أكبر من الدرجة الستينية. صح أم خطأ؟
صح، لأن الدرجة المئوية = 100/1 من الدائرة أما الستينية = 360/1 ✅

كيف يتم حساب مساحة كلا من المربع والمستطيل وشبه المنحرف؟

المربع = الطول × الطول

المستطيل = الطول × العرض

شبه المنحرف = ½ × (القاعدتان) × الارتفاع

يوجد نوعين من أنواع اتجاه الشمال. ما هما؟

الشمال الحقيقي (الجغرافي)

الشمال المغناطيسي

ما الفرق بين الزاوية والانحراف؟

الزاوية: قياس بين خطين

الانحراف: اتجاه خط نسبةً إلى الشمال

أذكر تعريف الانحراف الدائري والانحراف المختصر؟

الدائري: من 0° إلى 360° باتجاه عقارب الساعة من الشمال

المختصر: من 0° إلى 90° مضافًا إليه الاتجاه الربعي (شمال شرق، جنوب غرب...)

ما الفرق بين الانحراف الأمامي والانحراف الخلفي لخط؟

الانحراف الأمامي: من النقطة الأولى للثانية

الانحراف الخلفي = الأمامي ± 180°

تنقسم المسافات إلى ثلاثة أنواع. ما هي؟

أفقية

مائلة

منسوبة (رأسية)

كيف يتم حساب المسافة الأفقية من المسافة المائلة الماسة في الطبيعة؟
المسافة الأفقية = المائلة × cos(زاوية الميل)

أذكر بعض الأدوات المساعدة المستخدمة مع الشريط لقياس المسافات؟
الأسهم، الميزان، الرصاص، الأوتاد، المطرقة

كيف يتم قياس المسافات إلكترونياً؟
باستخدام أجهزة EDM أو Total Station

ما هي فائدة البوصلة في العمل المساحي؟
تحديد الاتجاهات والانحرافات بالنسبة للشمال المغناطيسي

يستخدم جهاز الثيودوليت في قياس المسافات. صح أم خطأ؟
خطأ، الثيودوليت لقياس الزوايا ❌

ما هما نوعا الثيودوليت؟

الثيودوليت البصري

الثيودوليت الرقمي

✅ الميزانية والمساحة التصويرية والجيوديسية

الميزانية هي فرع المساحة الذي يبحث في الطرق المختلفة لقياس المسافات. صح أم خطأ؟
.خطأ، الميزانية تختص بقياس الارتفاعات وليس المسافات ❌

ما هو السطح المرجعي المستخدم في قياس الارتفاعات؟
متوسط سطح البحر (Mean Sea Level - MSL).

ما هي أنواع الجهاز المستخدم في أعمال الميزانية؟

الميزان التلقائي

الميزان الرقمي

الميزان الليزري

ما هي القامة في أعمال الميزانية؟
.مسطرة مدرجة تقرأ منها فروق المناسيب

ما الفرق بين الميزانية الشبكية والدقيقة والمثلثية؟

الشبكية: لمسح التضاريس

الدقيقة: للمشروعات الهندسية

المثلثية: تستخدم في الأماكن الوعرة

ما هي المشروعات التي يمكن فيها استخدام المساحة التاكيومترية؟
.الطرق، الجسور، السدود، المناطق الوعرة

ممَّ يتركب جهاز المحطة الشاملة؟
.معالج بيانات + شاشة + EDM ثيودوليت + جهاز قياس مسافات

تم اختراع المساحة الجوية أو التصويرية منذ خمسة عشر عاماً. صح أم خطأ؟
.خطأ، موجودة منذ أكثر من 100 سنة ❌

أذكر بعض تطبيقات المساحة الجوية أو التصويرية؟
.رسم الخرائط، تخطيط المدن، تتبع تغيرات البيئة، تقييم الكوارث

ما الفرق بين الصورة الجوية والخريطة؟

الصورة: تمثل الواقع بتشوهات

الخريطة: دقيقة، معدّلة، ذات مقياس رسم

ما أنواع الصور الجوية طبقاً لوضع الكاميرا؟

عمودية

مائلة

شديدة الميل

أذكر بعض مكونات كاميرا التصوير الجوي؟
.العدسة، الحساس أو الفيلم، الغالق، الجسم

ما الفرق بين المساحة المستوية والمساحة الجيوديسية؟

المستوية: سطح الأرض مسطح (لمساحات صغيرة)

الجيوديسية: تأخذ انحناء الأرض في الحسبان (مساحات كبيرة)

أذكر بعض أقسام المساحة الجيوديسية؟

الفلكية

الشبكات

قياس الجاذبية

ما هي درجات شبكات المثلثات من حيث الدقة؟

الدرجة الأولى

الثانية

الثالثة

الرابعة

لماذا تختلف الجاذبية الأرضية من مكان لآخر؟
.بسبب تغير شكل الأرض (البيضاوي) وتوزيع الكتل والمرتفعات

أذكر نوعي أجهزة قياس الجاذبية الأرضية؟

الجرافيمتر المطلق

الجرافيمتر النسبي

النظام العالمي لتحديد المواقعGPS –

الاسم: GPS Theory and Practice

المؤلف: B. Hofmann-Wellenhof

الاستشعار عن بعدRemote Sensing –

الاسم: Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective

المؤلف: John R. Jensen

نظم المعلومات الجغرافيةGIS –

الاسم: Geographic Information Systems and Science

المؤلف: Paul A. Longley, Michael Goodchild, David Maguire, David Rhind

الطائرات بدون طيارDrones –

الاسم: Introduction to UAV Systems

المؤلف: Paul G. Fahlstrom, Thomas J. Gleason

علم المساحةSurveying –

الاسم: Surveying: Principles and Applications

المؤلف: Barry Kavanagh

الزوايا والمسافات والاتجاهاتElementary Surveying –

الاسم: Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics

المؤلف: Charles D. Ghilani

الميزانية والمساحة الجيوديسيةGeodesy –

الاسم: Geodesy: The Concepts

المؤلف: Petr Vaníček, Edward Krakiwsky

بيانات المؤلف:

الاسم :م. على محمد على

الدرجة العلمية :مهندس استشاري مساحة وجيوماتكس

الجهة :عضو نقابة التطبقيين المصرية

جهة العمل :معيد لدى عده اكادميات

رقم القيد ب30394 /مساحة

1. الخرائط الرقمية ورسم الخرائطDigital Mapping & Cartography –.
2. تهتم بتصميم الخرائط باستخدام البرامج المتخصصة، وتحليل الرموز والعناصر البصرية.

---

4. تحليل البيانات المكانيةSpatial Data Analysis –.
5. يُستخدم لتحليل العلاقات والأنماط بين المواقع باستخدام أدوات GIS والإحصاء المكاني.

---

7. البيانات الطوبوغرافية والنماذج الرقميةDEM & Topographic Data –.
8. دراسة النماذج الرقمية للارتفاعات وتحليل التضاريس.

---

10. المساحة البحريةHydrographic Surveying –
11. متخصصة في قياس أعماق البحار، سواحل البحيرات، والمحيطات، وهي مهمة في الملاحة والموانئ.

---

13. التموضع باستخدام الأقمار الصناعيةGNSS
14. وهو توسيع لـ GPS ويشمل نظم أخرى مثلGLONASS ، Galileo، و.BeiDou

---

16. البيانات المفتوحة والمصادر الحرة في الجيوماتكس Open Data & Open Source GIS –.
17. مثل استخدام QGIS والبيانات المجانية من Sentinel و.Landsat

---

19. المسح الليزريLiDAR
20. تقنية تعتمد على أشعة الليزر لإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد دقيقة لسطح الأرض والمباني.

---

22. نمذجة المدن ثلاثية الأبعاد – 3D City Modeling
23. تُستخدم في التخطيط العمراني، والهندسة، ونظم الملاحة.

---

25. الخرائط التفاعلية والويب الجغرافيWeb Mapping & Geoportals –
26. مثل استخدام خرائطLeaflet ، Mapbox، و.ArcGIS Online

---

28. تحليل التغير الزمنيChange Detection in Remote Sensing –
29. تحليل تغير الأرض أو التوسع العمراني عبر الزمن باستخدام صور الأقمار الصناعية.

انتظرو الجزء 2